

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
ILUMINACIÓN AUTOSUSTENTABLE FOTOVOLTAICO PARA
UNA PARADA DE BUSES Y SU VALLA INFORMATIVA DEL
SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE CUENCA”.

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR:

Christian René Alvarado Guanín

DIRECTOR:

Ing. Freddy Fernando Campoverde Armijos

CUENCA-ECUADOR

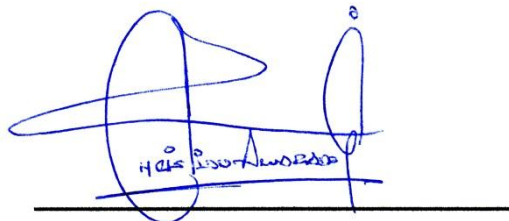
2015

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Christian René Alvarado Guanín declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Salesiana y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

De igual manera, cedo los derechos de propiedad intelectual de este producto de grado a la Universidad Politécnica Salesiana, por construir un proyecto académico desarrollado en calidad de estudiante de este centro de estudios superiores.

Autorizo, además, a la Universidad Politécnica Salesiana para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de grado en el repositorio digital, de acuerdo con lo que dispone el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



Christian René Alvarado Guanín.

DEDICATORIA

Este trabajo es el esfuerzo conjunto de muchas personas. Por tal motivo les dedico a todas ellas.

A Dios, porque ha sido la luz a seguir en los momentos más difíciles, y sin él, nada de esto hubiese sido posible.

A mis queridos padres Jorge y Piedad, que con su sacrificio, esfuerzo, cariño, apoyo y ejemplo; me han permitido convertirme en la persona que soy.

A mi hijo Christian Ariel, quien en los momentos más difíciles ha sido mi compañero fiel.

A todos mis hermanos y sobrinos, que siempre creyeron en mí y aun lo siguen haciendo.

Christian Rene.

AGRADECIMIENTO

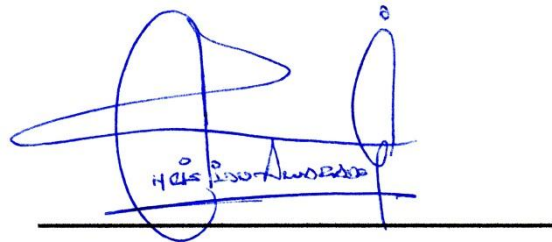
Quisiera hacer llegar un sincero agradecimiento a mi director de tesis Ingeniero Freddy Campoverde por su ayuda, guía y paciencia, durante el desarrollo de este proyecto. De igual manera a los Ingenieros Marco Carpio y Flavio Quizhpi docentes de la Universidad por compartir sus conocimientos y ser unos verdaderos amigos brindándome siempre su apoyo desinteresado.

A los docentes, religiosos, administrativos, empleados y más personas que siempre estuvieron en la Universidad y compartimos momentos mil gracias.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.

Yo, Christian René Alvarado Guanin, autor del presente trabajo de Tesis “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTOSUSTENTABLE FOTOVOLTAICO PARA UNA PARADA DE BUSES Y SU VALLA INFORMATIVA DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE CUENCA”, declaro que; los conceptos desarrollados, análisis, esquemas, modelos analizados y las conclusiones del presente trabajo, son de responsabilidad exclusiva del autor.

Cuenca, diciembre del 2015.



Christian Rene Alvarado Guanin

0102676186

Autor

CERTIFICACIÓN.

Yo, Freddy Fernando Campoverde Armijos, en calidad de director de Tesis Intitulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTOSUSTENTABLE FOTOVOLTAICO PARA UNA PARADA DE BUSES Y SU VALLA INFORMATIVA DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE CUENCA”, desarrollado y elaborado por Christian René Alvarado Guanín, declaro y certifico haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos del presente trabajo, basándome en la supervisión y análisis de sus contenidos.

Por cumplir con sus requerimientos, autorizo su presentación.

Cuenca, diciembre del 2015.



Ing. Freddy Campoverde

Director de Tesis.

CONTENIDO

<i>DEDICATORIA</i>	i
<i>AGRADECIMIENTO</i>	ii
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1	2
1 Introducción a los Sistemas Fotovoltaicos.	2
1.1 Parámetros Meteorológicos.	2
1.1.1 Radiación Solar.	3
1.1.2 Factores que modifican la Radiación Solar.	4
1.1.3 Medida de la Radiación.	8
1.2 Energía y Potencia del Sol.	9
1.2.1 Energía del Sol.	10
1.2.2 Energía Solar Fotovoltaica.	11
1.2.3 Potencia en Celdas Solares.	15
1.3 Luminotecnia.....	18
1.3.1 Magnitudes usadas en Luminotecnia.	19
1.3.2 Niveles de Iluminación para exteriores.	20
1.3.3 Fuentes de Luz.	21
1.3.4 Luminarias LED.	22
1.3.5 Distribución de la intensidad luminosa de las fuentes de luz.	22
1.3.6 Aplicación de software Luminotécnico.	24
1.4 Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.	25
1.4.1 Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos.	26
1.4.2 Elementos de una Instalación Solar Fotovoltaica.	28
CAPÍTULO 2	36
2 Diseño del Sistema de Iluminación	36

2.1	Estudio lumínico de la parada de buses y su valla informativa.	36
2.2	Selección del tipo de luminarias.	42
2.2.1	Luminarias LED tipo Strips (cintas).	42
2.2.2	Curva fotométrica.	43
2.2.3	Elección del tipo de luminarias.	44
2.3	Simulación de sistema lumínico con el software DIALux.	46
2.4	Diseño del sistema de control autónomo.	52
CAPÍTULO 3		56
3	Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.	56
3.1	Análisis de parámetros meteorológicos solares	57
3.1.1	Estimación del valor de HSP para el “mes peor”	60
3.1.2	Estimación del ángulo de inclinación según las coordenadas geográficas.	62
3.2	Selección del panel fotovoltaico.	63
3.2.1	Dimensionamiento de un panel solar.	64
3.2.2	Comparación de métodos de cálculo de paneles solares.	69
3.3	Evaluación de generación del panel fotovoltaico mediante aplicaciones computacionales.	70
3.4	Implementación del Sistema de Iluminación autosustentado por energía fotovoltaica.	76
CAPÍTULO 4		80
4	Prueba y análisis de resultados	80
4.1	Evaluación del sistema.	81
4.2	Seguridad eléctrica en el sistema.	85
4.3	Tiempo de retorno de la inversión de sistemas fotovoltaicos aislados.	86
4.4	Análisis costo/beneficio.	89
Conclusiones y recomendaciones.		92

ANEXOS	100
Anexo 1 Programa en matlab.....	101
Anexo 2 Simulación del Sistema Lumínico.	102
Anexo 3 Registros del Arduino de tensión y corriente.....	112
Anexo 4 Generación por meses del panel solar.....	113
Anexo 5 Cálculos del panel solar.	116
Anexo 6. Fichas técnicas.....	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de la Radiación Solar.....	3
Figura 2. Atenuación de una Onda Electromagnética.....	5
Figura 3. Sistemas de Coordenadas geográficas.....	6
Figura 4. Eje polar y plano de la eclíptica. (Castejon & Santamaria, pág. 9).....	6
Figura 5. Coordenadas Solares. (Castejon & Santamaria, pág. 10).....	7
Figura 6. Dispersiones y efectos.....	8
Figura 7. Horas solares pico.....	9
Figura 8. Funcionamiento de un colector Solar.....	11
Figura 9. Sistema Fotovoltaico.....	11
Figura 10. Polarización directa de un Diodo.....	12
Figura 11. Esquema eléctrico equivalente de una celda solar. (Valentin, pág. 35).....	13
Figura 12. Asociación de células solares. (Diaz & Carmona, pág. 15).....	14
Figura 13. Características i-v y p-v de una célula Solar. (Castejon & Santamaria, pág. 25).....	16
Figura 14. Espectro Visible.....	19
Figura 15. Eficacia Luminosa.....	19
Figura 16. Diseño de Iluminación de una parada de bus y valla publicitaria mediante DIALux.....	25
Figura 17. Esquema a bloques de un Sistema Fotovoltaico Autónomo.....	25
Figura 18. Estación Espacial Internacional. (Diaz & Carmona, pág. 28).....	26
Figura 19. Iluminación de una parada de bus y valla informativa.....	27
Figura 20. Sistema de Generación Solar Autónomo utilizado en la Iluminación de una Parada de bus.....	29
Figura 21. Curvas Características del Panel Solar.....	29
Figura 22. Regulador serie.....	30

Figura 23. Regulador shunt.	30
Figura 24. Ciclo de control de carga y descarga.	31
Figura 25. Ciclo de carga y descarga de un acumulador del tipo ácido plomo.	33
Figura 26. Modelo eléctrico de una batería.	33
Figura 27. Evolución LED.	35
Figura 28. Eficacia de algunos tipos de lámparas.	35
Figura 29. Levantamiento de marquesina y valla publicitaria.	37
Figura 30. Ubicación del proyecto.	37
Figura 31. Planos útiles del proyecto.	38
Figura 32 Dimensiones para cálculo de iluminancias.	39
Figura 33. Isolíneas en el P.U – 1. Anexo 2	41
Figura 34. Isolíneas en el P.U – 2. Anexo 2	41
Figura 35. Isolíneas en el P.U – 3. Anexo 2	41
Figura 36. Isolíneas a un metro bajo las luminarias. Anexo 2	42
Figura 37. Detalle de luminarias tipo strips.	42
Figura 38. SM440L 10xLED Philips. Anexo 2.	43
Figura 39. LightStrips 5m. Philips.	43
Figura 40. Fotometría SM440 L. Anexo 2	44
Figura 41. Contraste de iluminación LED de luz blanca con alumbrado público.	45
Figura 42. Simulación de un Sistema de Iluminación.	48
Figura 43. Representación en colores falsos.	49
Figura 44. Vista Lateral de un Sistema de Iluminación.	49
Figura 45. Ubicación de las luminarias para una distribución a) y b).	50
Figura 46. Inclinação de las luminarias.	50
Figura 47. Simulación de sistema lumínico con DIALux.	51

Figura 48. Representación del consumo en instalaciones de consumo constante.....	52
Figura 49. Consumo diario en una instalación nocturna.	52
Figura 50. Gráfico de consumo de una instalación diurna.	53
Figura 51. Consumo de una instalación en una vivienda.	53
Figura 52. Diagrama eléctrico de un controlador de iluminación de accionamiento solar.	54
Figura 53. Sistema de control autónomo.....	55
Figura 54. Distribución de Estaciones meteorológicas del INER. (Morocho & Rios, pág. 47).....	57
Figura 55. Irradiancia mensual medida en la Estación Meteorológica de la UPS.	59
Figura 56. Radiación Solar - año 2014.....	60
Figura 57. Irradiancia e histogramas de frecuencia para el mes de junio 2014.	60
Figura 58. Horas efectivas de Sol.	61
Figura 59. Latitud y longitud de la UPS.	63
Figura 60. Detalle de las cargas del SFA.	69
Figura 61. Datos del fabricante del equipo de un Sistema Fotovoltaico.....	70
Figura 62. Dimensionamiento del equipo de un Sistema Fotovoltaico.....	70
Figura 63. Modelo eléctrico de una celda solar.	71
Figura 64. Curva i-v y p-v de un panel solar bajo CEM.	73
Figura 65. Curva característica de un módulo solar bajo CEM.	73
Figura 66. Resultados de paneles policristalinos. (Peña & Pinos, p. 100)	74
Figura 67. Curva característica de un módulo solar bajo condiciones presentes de temperatura e irradiancia.....	74
Figura 68. Curva i-v y p-v de un panel solar bajo condiciones presentes de temperatura e irradiancia.	75

Figura 69. Efectos de la temperatura e irradiancia en la curva de potencia.	75
Figura 70. Efectos de la temperatura e irradiancia en la curva de corriente. ...	76
Figura 71. Disposición de fusible en el circuito.....	76
Figura 72. Símbolo termomagnético unipolar.....	77
Figura 73. Esquema eléctrico del Sistema Fotovoltaico Autónomo.....	79
Figura 74. Medición de voltaje y corriente generado por el panel solar.	81
Figura 75. Tarjeta de adquisición de datos Arduino UNO.	81
Figura 76. Divisor de tensión para la medición de tensión.....	82
Figura 77. Divisor de tensión para la medición de corriente.....	83
Figura 78. Voltaje y corriente del generador fotovoltaico para el mes de junio de 2015.	84
Figura 79. Potencia generada durante el mes de junio del 2015.	84
Figura 80. Disposición de Elementos de Protección.	86
Figura 81. Precios en el Territorio Continental. (CONELEC, p. 19).....	87
Figura 82. Evolución de los precios-Ecuador.	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos más utilizados de Células Solares. (Diaz & Carmona, pág. 27)	15
Tabla 2. Resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales. (OSRAM, 1979)	20
Tabla 3. Niveles de Iluminación para Exteriores. (Westinghouse Electric Corporation, 2000, pág. 187)	21
Tabla 4. Distribución de la intensidad luminosa. (Westinghouse Electric Corporation, pág. 80)	23
Tabla 5. Umbrales de carga y descarga de un controlador de 10 A	31
Tabla 6. Dimensiones e iluminancias existentes	38
Tabla 7. Disposición de luminarias	40
Tabla 8. Características de los diodos LED. (Mesa, pág. 13)	44
Tabla 9. Tensión nominal del sistema en función de la Potencia. (Castejon & Santamaria, pág. 132)	45
Tabla 10. Iluminancias	51
Tabla 11. Radiación Solar Diaria horizontal año 2014 NASA	56
Tabla 12. Promedio mensual de Radiación de la estación UPS	59
Tabla 13. Calculo del histograma de frecuencias	61
Tabla 14. Estimación de la HSP para el mes peor	61
Tabla 15. Irradiación calculada de paneles Policristalinos. (Peña & Pinos, pág. 91)	62
Tabla 16. Estimación del consumo de energía del SFA	64
Tabla 17. Datos del fabricante para una célula solar	72
Tabla 18. Temperatura e irradiancia para el mes peor	74
Tabla 19. Relación de los valores almacenados en Arduino y voltajes-corrientes	83
Tabla 20. Demanda vs. Generación [Wh/día]	85

Tabla 21. Generación y Produccion-2014.	87
Tabla 22. Costo total del Proyecto.	88
Tabla 23. Costo por Operación y Mantenimiento.	88
Tabla 24. Flujo neto de Efectivo.	88
Tabla 25. Datos para cálculo de VAN y TIR.	89
Tabla 26. Flujo neto de efectivo.	89
Tabla 27. Calculo manual y mediante excel del VAN.	90
Tabla 28. Calculo manual y mediante Excel de la TIR.	90

INTRODUCCIÓN.

Los medios que hoy en día nos permiten generar energía eléctrica en el mundo, para realizar procesos de producción, en su mayoría provienen de la combustión de materiales fósiles obtenidos de la tierra. En los últimos años estos procesos de extracción se los ha realizado a gran escala por países industrializados a través de sus multinacionales presentes en gran parte de los países denominados en vía de desarrollo, estas multinacionales han hecho caso omiso de normativas que cumplan con los principios básicos de procesos sustentables.

Dado que un proceso sustentable es aquel que se mantiene en el tiempo por sí mismo y sin que se agoten los recursos existentes, esta explotación de recursos fósiles muy pronto llegara a ser limitada o agotarse, motivo por el cual se han realizado diferentes estudios en el campo de energías limpias que suplan este requerimiento. (Sustentable)

En la actualidad, la utilización y abuso de estos combustibles fósiles ha ocasionado una gran cantidad de dióxido de carbono (CO₂) al ambiente. Una alternativa a la contaminación procedente de la quema de combustibles son las energías limpias como son la: solar, térmica, eólica entre otras. Por tal motivo la radiación del Sol como energía primaria se la puede aplicar para generar energía eléctrica.

Un sistema fotovoltaico puede definirse como un sistema que utiliza la energía primaria del Sol para convertirla en energía eléctrica capaz de poner en movimiento cualquier equipo o máquina eléctrica.

Un Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA) es aquel que “produce energía eléctrica para satisfacer el consumo de cargas eléctricas no conectadas a la red, empleando un sistema de acumulación energético para hacer frente a los períodos en los que la generación es inferior al consumo”¹.

¹ (Perpiñan, pág. 93)

CAPÍTULO 1

1 Introducción a los Sistemas Fotovoltaicos.

Cuando pensamos en energía solar, dos diferentes manifestaciones de ésta vienen a nuestra mente: luz y calor. Ambas cumplen un papel vital en la vida de nuestro planeta y de los seres vivos.

La luz solar hace posible la fotosíntesis de las plantas, sin la cual el reino vegetal desaparecería. El calor permite tener en el medio ambiente la temperatura y clima óptimo para la supervivencia de las especies a la vez que evapora las aguas del mar, las que son devueltas al planeta en forma de lluvia.

Hoy en día la energía solar se utiliza como fuente primaria de energía renovable, la cual se capta a través de paneles fotovoltaicos y se almacena en baterías como energía eléctrica para suministrar electricidad a los equipos.

El aprovechamiento de la energía solar representará un costo mensual nulo, ya que esta se encuentra presente durante algunas horas del día que haya presencia de Sol durante todos los días del año.

1.1 Parámetros Meteorológicos.

La fuente de energía primaria en los sistemas solares fotovoltaicos se la obtiene de la radiación solar incidente sobre la superficie terrestre, al utilizar al Sol como la fuente que provee de energía se puede distinguir las siguientes ventajas ante otras fuentes primarias:

- Se trata de una fuente de energía renovable (limpia).
- Independiente de su aplicación está disponible en cualquier punto geográfico.
- Se la puede usar libremente.

En contraste con estas ventajas existen parámetros meteorológicos (geográficos-astronómicos y atmosféricos) que modifican el comportamiento de la radiación solar que llegan a la superficie terrestre. (Diaz & Carmona, 2010)

1.1.1 Radiación Solar.

La radiación solar forma parte del espectro electromagnético que se desplaza por el espacio libre desde el Sol hacia la Tierra en forma de ondas electromagnéticas. Esta amplia gama de energías radiantes tienen características similares en su naturaleza y velocidad de propagación (300.000 kilómetros por segundo), distinguiéndose entre ellas por su frecuencia y longitud de onda, así como en las formas en que se manifiestan. (Westinghouse Electric Corporation, 2000)

Esta radiación que llega a la Tierra debe ser analizada desde varios escenarios debido a la aleatoriedad que presenta, siendo las más representativas:

- La transición entre el día y noche.
- El movimiento que realiza la Tierra alrededor del Sol y que da lugar a las diferentes estaciones brinda condiciones favorables y adversas dependiendo de la estación.
- El choque con la atmósfera ocasiona gran dispersión de la radiación solar, según se aprecia en la figura 1.
- Cada día tiene un comportamiento diferente.

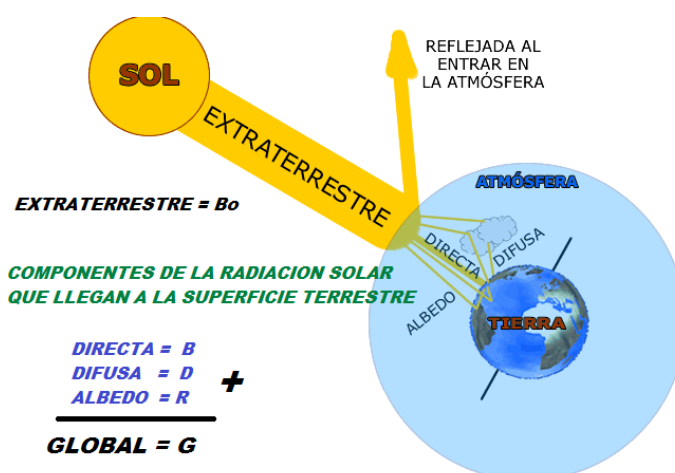


Figura 1. Componentes de la Radiación Solar.²

Las mediciones de radiación solar en contacto con la atmósfera terrestre realizadas por los satélites que orbitan la Tierra han proporcionado diferentes valores para la radiación incidente en el límite superior de esta. Por este motivo se ha adoptado por la World Meteorological Organization (WMO), el valor de

² Imagen tomada de <https://www.ujaen.es>

mil trescientos sesenta y siete watts de radiación solar por cada metro cuadrado de superficie ($B_0=1367 \text{ W/m}^2$) como la irradiancia solar incidente en toda la superficie exterior de nuestra atmosfera.

Como se muestra el valor de irradiancia presente en cada punto del globo terrestre es la suma de sus componentes de radiación: directa, difusa y de albedo.

Radiación Directa.

Es la radiación del Sol que llega a la superficie terrestre, se da en días soleados sin la presencia de nubes por lo que constituye la componente con más representatividad en la generación de energía eléctrica fotovoltaica.

Radiación Difusa.

Esta radiación se presenta normalmente por la acción de dispersión que se produce en las capas de la atmosfera, cada ubicación en el planeta tendrá un diferente aporte de radiación difusa esto debido al ángulo de incidencia con las que la radiación llegue sobre las superficies fotovoltaicas receptoras.

Radiación de Albedo.

Es la radiación que se refleja en la superficie de la Tierra, toma su nombre debido al coeficiente de reflexión de las superficies conocido como Albedo, es la cantidad de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma. (Perpiñan, 2014)

1.1.2 Factores que modifican la Radiación Solar.

Por su forma esférica el Sol emite al espacio radiación en todas direcciones, por el hecho de encontrarse en el vacío la radiación solar no sufre pérdidas considerables debido a que no tiene contacto con materia alguna, pero su onda electromagnética sufre atenuación. (Westinghouse Electric Corporation, 2000)

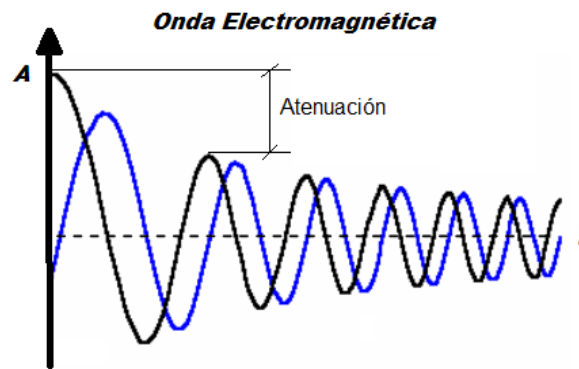


Figura 2. Atenuación de una Onda Electromagnética.

Para realizar un estudio de radiación solar y/o un sistema solar fotovoltaico se deben tomar en consideración varios parámetros:

- Factores astronómicos y geográficos, dependen de la ubicación relativa entre la fuente y el receptor.
- Factores atmosféricos, debidos al ingreso de la radiación solar a la atmósfera terrestre.

1.1.2.1 Factores Astronómicos y Geográficos.

Debido a que la Tierra se encuentra en constante movimiento con respecto al Sol es necesario establecer referencias que ubiquen los diferentes puntos de los dos astros involucrados en el estudio de radiación solar. La representación más sencilla se la realiza con la Tierra como eje de referencia a los diferentes puntos sobre la superficie de la misma denominándolas coordenadas geográficas.

También se aplica un sistema de coordenadas solares el cual sitúa a cualquier ubicación del Sol con respecto a la Tierra, en un sistema imaginario de coordenadas donde la Tierra se establece como el centro de una esfera celeste sobre la cual se desplaza el Sol.

Coordenadas geográficas.

Mediante el uso de coordenadas geográficas se puede ubicar con exactitud cualquier punto de la superficie terrestre. Estas ubicaciones son expresadas en grados sexagesimales, sus puntos de referencia son la **latitud** cero o Ecuador y la **longitud** cero o Meridiano de Greenwich. (Castejon & Santamaria, 2012)

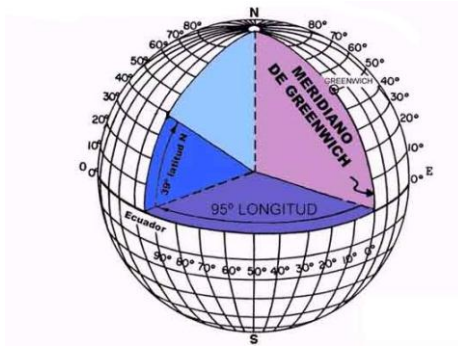


Figura 3. Sistemas de Coordenadas geográficas.³

Se incluye en el estudio de las coordenadas geográficas el concepto de **declinación**, que no es más que el ángulo formado entre el plano que pasa por el ecuador de la Tierra y es perpendicular al eje polar, y el plano de la trayectoria de la eclíptica del Sol; con el plano de la eclíptica atravesando los centros del Sol y la Tierra respectivamente. (Diaz & Carmona, 2010) (Peña & Pinos, 2014)

El ángulo de declinación puede ser positivo o negativo en función de la posición de la Tierra en la órbita.⁴

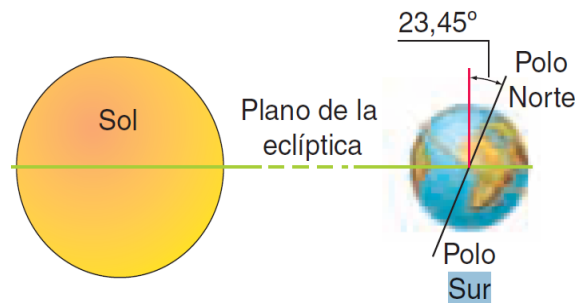


Figura 4. Eje polar y plano de la eclíptica. (Castejon & Santamaria, pág. 9)

Coordenadas solares.

Al ubicar a la Tierra como el centro de un sistema de referencia en el espacio, se incorpora el concepto de esfera celeste. Esta es una esfera imaginaria en la cual cada ubicación representa un punto de la esfera vista desde la Tierra, la ubicación del Sol en este sistema se lo especifica mediante dos ángulos que se los conoce como elevación y acimut.

³ Imagen tomada de <http://webdelprofesor.ula.ve>

⁴ Revisar Tesis “Parametrización de los Sistemas Eléctricos Fotovoltaicos basado en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca” (Peña & Pinos, 2014)

La **elevación** solar en un determinado instante y lugar, es el ángulo que forma la dirección que apunta hacia el Sol con el plano horizontal. Y el **acimut** solar de un lugar determinado es el ángulo que forman el meridiano del Sol y el de ese lugar. (Castejon & Santamaria, 2012) (Peña & Pinos, 2014)

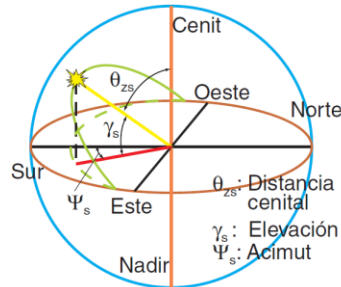


Figura 5. Coordenadas Solares. (Castejon & Santamaria, pág. 10)

1.1.2.2 Factores Atmosféricos.

Debido a la gran distancia que recorre la radiación solar hasta llegar a la atmósfera terrestre, esta se ve sometida a procesos de reflexión, atenuación y difusión, propias del medio que atraviesa. Al ingresar la radiación a la atmosfera choca con las nubes y en este momento se produce una disminución de la incidencia solar por reflexión, la absorción por la presencia de vapor de agua, ozono y CO2 es la que produce variaciones de longitud de onda y frecuencia de la radiación; y por último la dispersión por la presencia de partículas en la atmosfera se manifiesta modificando la distribución espacial que tiene la radiación a su ingreso a la atmosfera. Dependiendo del tamaño de las partículas se pueden distinguir 3 tipos de fenómenos de difusión:

- Difusión de Rayleigh.
- Difusión de Mie.
- Difusión no selectiva.

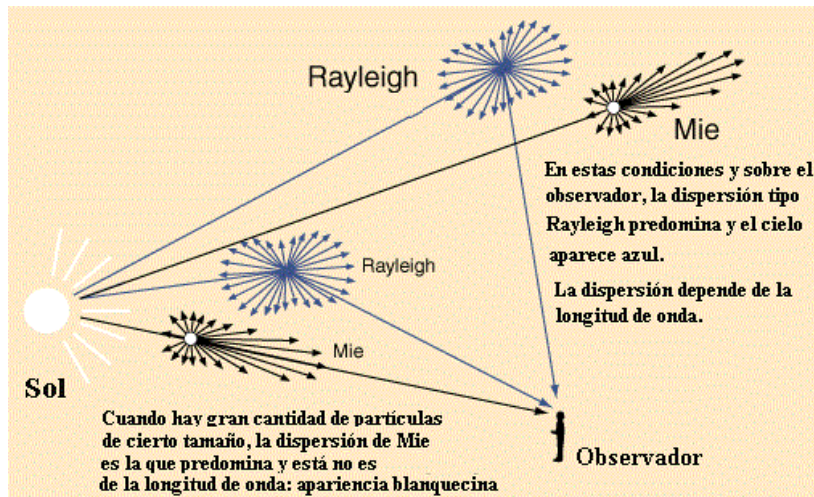


Figura 6. Dispersiones y efectos.⁵

1.1.3 Medida de la Radiación.

Se define a B_0 como la irradiancia solar incidente en toda la superficie exterior de nuestra atmosfera y cuyo valor adoptado es 1.367 W/m^2 , este valor de energía al ingresar en la atmosfera se ve afectado por los fenómenos antes mencionados y de los cuales se desprende que la incidencia de la radiación solar sobre la superficie terrestre bajo condiciones estándar de medida es de 1.000 W/m^2 .

Irradiancia.

La irradiancia es la magnitud utilizada por la radiación solar para describir la potencia incidente por unidad de superficie de cualquier tipo de radiación, en unidades del Sistema Internacional se mide en W/m^2 .

Irradiación.

Es la energía del Sol que se proyecta sobre una unidad de superficie en un tiempo determinado y viene dado en Wh/m^2 o kWh/m^2 . Las estimaciones promedio que realizan los satélites que orbitan la Tierra pueden ser modificadas de forma conveniente que podamos obtener datos en diferentes intervalos de tiempo. (Corporacion para la Investigacion Energetica, 2008)

⁵ Imagen tomada de <http://www.tiempo.com>

Hora Sol Pico (HSP).

También conocidas como horas efectivas de Sol es el resultado de la irradiación en un intervalo de tiempo de un día, sirven para calcular cuanta energía va a generar un panel solar a lo largo de un día, y con este valor se puede interpolar para obtener las HSP en semanas, meses, años o para estimar cuanta energía puede generar un panel durante su vida útil.

Todos los paneles son fabricados bajo Condiciones Estándar de Medida (CEM), una vez cumplida estas condiciones el panel puede generar el 100% de su potencia.

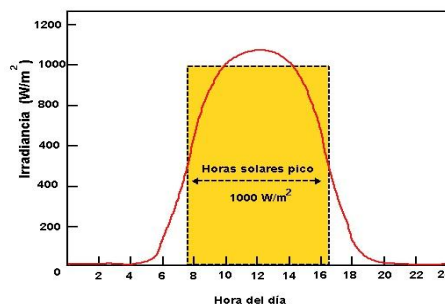


Figura 7. Horas solares pico.⁶

La generación en un panel llega a su pico más alto al momento que incide sobre este una irradiación de 1000 W/m^2 , para una irradiación diferente en una hora del día la potencia generada es directamente proporcional a la irradiación instantánea; por tal motivo un panel solar nunca genera una potencia estable en el tiempo por el contrario es el aporte de las potencias instantáneas.

El área bajo la curva en la figura 7 muestra la variabilidad de la irradiación durante un día, obteniendo bajos niveles de irradiación durante las horas de la mañana y por el atardecer, por el contrario al medio día este valor puede llegar a sobrepasar el límite considerado por las CEM. (Barragan, 2014)

1.2 Energía y Potencia del Sol.

El consumo de energía está directamente relacionada con la supervivencia de todo organismo viviente sea este vegetal, animal y en mayor cantidad de los seres humanos.

⁶ Imagen tomada de <http://calculationsolar.com>

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el cambio climático que se ha dado en todo el planeta Tierra, es consecuencia del efecto invernadero que se origina por el estancamiento de ciertos gases en la atmósfera; gases como el dióxido de carbono y el metano originados por combustibles e hidrocarburos al estar suspendidos en la atmosfera encierran la radiación que es reflejada por la superficie terrestre ocasionando un desequilibrio entre la radiación entrante y saliente en la atmosfera, siendo este desbalance el causante de un calentamiento a gran escala en todo el mundo. Por tal motivo el 11 de diciembre de 1997 se instala en Kioto una convención que cita y propone a los países industrializados a tomar medidas urgentes para mitigar este efecto, acordando “reducir en al menos un 5% las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012 tomando como referencia los niveles de 1990”⁷

Las principales fuentes de energías renovables o verdes, se las ubica en: el Sol mediante la utilización de su calor y radiación, el agua: capaz de mover el eje de un generador eléctrico, el viento: que impulsa aerogeneradores de gran volumen, la gravedad: capaz de mantener en movimiento sistemas mecánicos por largos periodos de tiempo, entre otras. Energías que están disponibles gran parte del día y podrían ser la solución a la contaminación producto de las energías no renovables.

1.2.1 Energía del Sol.

La energía del Sol se manifiesta en forma de calor el cual se lo aprovecha mediante el uso de colectores solares como se observa en la figura 8 y mediante paneles solares se puede aprovechar la radiación solar según se muestra en la figura 9.

Estas dos formas de producir energía calorífica y fotovoltaica respectivamente, han sido muy difundidas en todo el mundo, debido a que esta fuente de energía se la puede calificar como inagotable.

Los ciclos de generación y de consumo de la energía solar en cualquiera de sus formas, se las puede medir en términos de escala de tiempo simultáneos. Por ejemplo: si tomamos la generación solar fotovoltaica en un día soleado a

⁷ (Organización de las Naciones Unidas, 2010)

esta energía la podemos consumir en su totalidad de modo prácticamente simultáneo, de aquí parte el primer limitante de la generación fotovoltaica que nos restringe a un funcionamiento intermitente, que se deriva de la hora del día y condiciones climáticas, motivo por el cual la generación fotovoltaica debe contar con un sistema de acumulación de energía que lo vuelva autónomo y capaz de suministrar la energía y potencia eléctrica para el cual fue diseñado en horas de baja o nula incidencia de radiación.

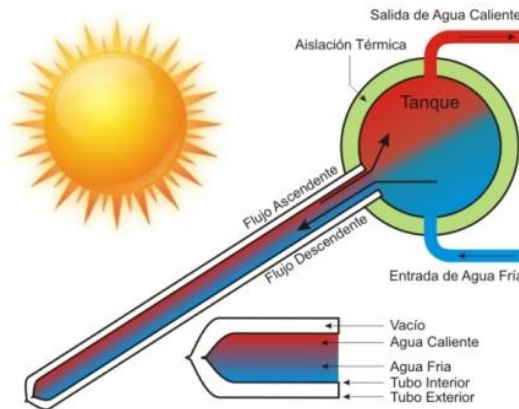


Figura 8. Funcionamiento de un colector Solar.⁸



Figura 9. Sistema Fotovoltaico.⁹

1.2.2 Energía Solar Fotovoltaica.

La parte central de esta instalación solar son las celdas solares, estas son transductores que permiten la conversión de la luz del Sol en energía eléctrica “efecto fotovoltaico”.

⁸ Imagen tomada de <http://ex000006.ferozo.com>

⁹ Imagen tomada de <http://www.pesco.com.mx>

La circulación de una corriente eléctrica en un material sólido por la influencia de la luz solar fue descubierta por el científico Alexandre-Edmond Becquerel en el año 1839, pero dicho descubrimiento no pudo ser comprendido hasta 100 años después de su descubrimiento.

Una celda o célula solar, es la unidad más pequeña en la generación de energía eléctrica dependiente del Sol, su generación está en el orden de 1.5 vatios de energía a 0.5 V de corriente continua con una corriente circulante de 3 A sobre una superficie de 10 cm de largo por 10 cm de ancho. Sola no podría considerarse una fuente de energía capaz de abastecer a una carga o grupo de cargas, razón por la cual se las agrupa para obtener un aumento de sus características eléctricas.

Celda Solar.

El uso de materiales semiconductores ha sido muy difundido para aplicaciones electrónicas, con mayor frecuencia el silicio y el germanio. Dentro de estas aplicaciones el diodo como elemento semiconductor, ha tenido mucha relevancia y el cual de la forma más simple nos describe el principio de funcionamiento del efecto fotovoltaico.

Un diodo es un componente electrónico fabricado con una unión p-n, que tiene la particularidad de conducir la corriente eléctrica solo en un sentido, a la conducción eléctrica en un sentido se la conoce como polarización directa, ver figura 10. (Perpiñan, 2014)

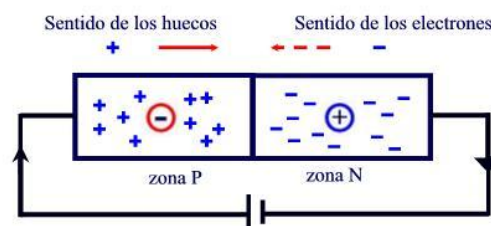


Figura 10. Polarización directa de un Diodo.¹⁰

La circulación de corriente a través de una unión p-n se obtiene al romper el equilibrio existente en la **barrera de potencial**¹¹ y reducir el valor de **potencial**

¹⁰ Imagen tomada de <http://www.ifent.org>

termodinámico¹²; este desequilibrio se da al aplicar una diferencia de potencial a los extremos de la unión, de forma que la zona P adquiera una tensión positiva con relación a la zona N obteniendo una polarización directa. En esta condición se reduce la barrera de potencial, se pierde el equilibrio termodinámico y aparece un flujo de corriente.

La célula solar se comporta como un diodo y al igual que este, sus partes están construidas con silicio químicamente modificado para obtener estructuras semiconductoras distintas entre sí de tipo n que es la parte expuesta a la radiación solar y de tipo p ubicada en la zona de oscuridad del encapsulado. Una vez que estos elementos se ponen en contacto y reciben la radiación proveniente del Sol, los fotones que transportan la energía solar que incide sobre la capa expuesta provocan el desequilibrio del potencial termodinámico estimulando a este para que se dé el reordenamiento de los electrones y huecos.

Se produce una diferencia de potencial entre los terminales que se conectan a los extremos de cada capa y se obtiene un flujo de corriente, generando energía eléctrica proporcional a la radiación incidente instantánea en la celda.

Una celda solar puede ser estudiada utilizando su circuito eléctrico equivalente, mediante este modelo podemos ver que el funcionamiento se basa como ya lo hemos mencionado anteriormente en un diodo del tipo p-n dopado.

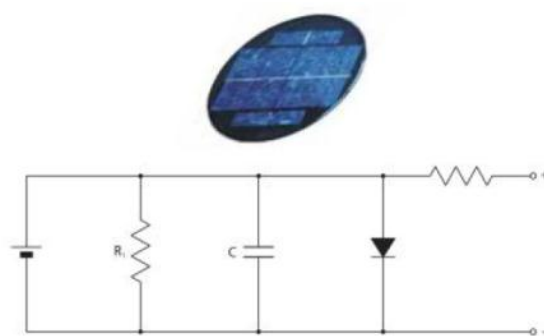


Figura 11. Esquema eléctrico equivalente de una celda solar. (Valentin, pág. 35)

Este circuito equivalente se compone de:

¹¹ Barrera de potencial: Potencial generado por el salto de electrones entre dos materiales dopados. (Perpiñan, 2014, pág. 45)

¹² Potencial Termodinámico: Campo eléctrico posterior al equilibrio en la barrera de potencial. Ídem.

- La batería o pila: representa la fuente de tensión, debida a la excitación que producen los fotones al incidir sobre la superficie de la celda.
- El diodo representa la unión de silicio p-n dopado.
- Las resistencias y condensador representan las pérdidas que se producen en la celda. (Valentin, 2012)

Módulo Solar.

Un módulo o panel solar, es una agrupación de celdas solares dispuestas de forma que se aprovechen las leyes básicas de circuitos eléctricos.

Conexión Serie, la conexión se la realiza uniendo los módulos uno a continuación de otro para obtener entre los extremos una tensión resultante igual a la sumatoria de los voltajes parciales.

Conexión Paralelo, esta conexión se la obtiene al unir las respectivas entradas y las salidas entre sí de las celdas solares, obteniendo en los extremos una corriente resultante igual a la sumatoria de las corrientes parciales.

Al conjunto de combinar las características serie y paralelo de los paneles se la conoce como **Conexión Mixta**, la cual adapta las características de tensión y corriente a los requerimientos de una determinada carga.

Debido a que las celdas o células tienen valores insignificantes para el funcionamiento de un equipo eléctrico o electrónico, todo modulo solar es resultado de una interconexión dispuesta de forma que se obtenga los valores de tensión y corriente requeridos.

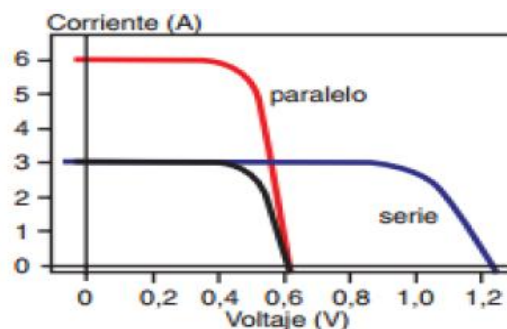


Figura 12. Asociación de células solares. (Díaz & Carmona, pág. 15)

Tipos de Módulos Solares.




Las células solares y por consecuencia los módulos solares, son el producto de la cristalización del silicio en uniones de tipo P-N; estos procesos de cristalización según sus tecnologías utilizadas en la fabricación originan estructuras variadas, obteniendo las siguientes:

Cristal Monocristalino, presenta una estructura cristalina alineada y ordenada, en estas estructuras el silicio es puro y dopado con boro. Se reconoce por su color azulado oscuro metalizado.

Cristal Policristalino, presenta una estructura ordenada por regiones, estas zonas irregulares se traducen en una disminución del rendimiento. Se obtiene de la misma forma que un cristal monocristalino pero con menos fases de cristalización. Se reconoce porque en su superficie se distinguen distintos tonos de azules y grises metálicos.

Cristal amorfo, presentan un alto grado de desorden y defectos estructurales en su combinación química. Su proceso de fabricación es menos costoso que los anteriores. El uso de células de tipo amorfo permite adaptarse a cualquier superficie y se encuentra en diferentes colores, incluso son traslucidos para ser incorporados en acristalamientos en edificios. En contraste la potencia que se obtiene de esta estructura está muy por debajo de las anteriores.

Tabla 1. Tipos más utilizados de Células Solares. (Díaz & Carmona, pág. 27)

Tipo de Célula	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio monocristalino	15-18%		Estructura cristalina uniforme. Se fabrica en lingotes cilíndricos de gran pureza que se cortan en obleas. Se gasta mucha energía en su construcción. Es el primer material en utilizarse industrialmente.
Silicio policristalino	12-14%		Estructura cristalina no uniforme. Se fabrica en moldes rectangulares. Menor coste que el silicio monocristalino.
Silicio amorfo	6-9%		Estructura no cristalina. Su potencia se degrada con el tiempo de utilización. Se puede depositar como una capa muy fina en muchos tipos de soportes, incluso flexibles. Bajo coste de fabricación.

1.2.3 Potencia en Celdas Solares.

Por el tipo de estructura cristalina utilizada en la fabricación de los módulos solares, la eficiencia varía entre módulos monocristalinos y policristalinos.

Condiciones Estándar de Medida (CEM):

El rendimiento que normalmente se expone en los catálogos, fichas técnicas o datasheet de un módulo solar son los obtenidos bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura de módulo de 25 °C.
- Irradiancia de 1000 W/m².
- Masa de aire de 1,5.
- Incidencia normal.

Características i-v y p-v en las celdas solares.

Las características de corriente-voltaje y potencia-voltaje presentes en una celda solar se las puede apreciar en la figura 13.

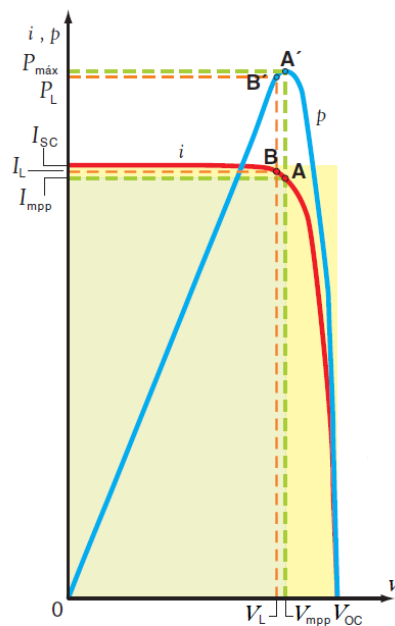


Figura 13. Características i-v y p-v de una célula Solar. (Castejon & Santamaria, pág. 25)

La curva característica de corriente de una célula solar **i-v** (en rojo) sitúa el punto de trabajo de una célula en el punto B, dado por la corriente y tensión en la carga, donde la tensión está fijada por la corriente generada por la célula y la resistencia de carga.

$$V_L = I_L \cdot R \quad (1)$$

Dónde:

I_L : corriente suministrada a la carga [A]

R: resistencia en el lado del receptor o carga [Ω]

V_L : tensión o voltaje en la carga [V]

El punto B' es resultado de la proyección de la I_L sobre la curva característica de potencia de una célula solar **p-v** (en azul) y es la potencia generada por el panel para una carga conectada al lado receptor.

$$P_L = I_L \cdot V_L \quad (2)$$

Dónde:

I_L : corriente de carga [A]

V_L : tensión o voltaje en la carga [V]

P_L : potencia entregada por la célula [W]

Potencia máxima en Celdas Solares.

A la potencia máxima especificada en CEM también se la denomina potencia de pico de la célula o modulo según sea el caso. Generalmente la unidad de potencia que especifican los catálogos de los módulos solares viene marcada como [Wp] haciendo referencia a la máxima potencia generada bajo CEM.

En la gráfica **A'** se muestra el punto de máxima potencia que puede generar una célula solar, en la curva **p-v** este punto es proyectado para encontrar los puntos de máxima potencia de corriente y tensión, ubicados en **A** en la gráfica **i-v**, estos valores son útiles en el cálculo del factor de forma y rendimiento.

$$P_{max} = I_{mpp} \cdot V_{mpp} \quad (3)$$

Dónde:

I_{mpp} : corriente en el punto de máxima potencia [A]

V_{mpp} : tensión en el punto de potencia máximo [V]

P_{max} : potencia máxima de la célula [W]

Este producto es la potencia máxima que la célula es capaz de suministrar a una carga, está representado en la figura 13 por el área del rectángulo con

vértice en A y este siempre será inferior al rectángulo que tiene como base la tensión en vacío y la corriente en corto circuito como altura.

Al cociente entre estos dos productos se lo denomina factor de forma (FF) y se lo calcula con la siguiente expresión:

$$FF = \frac{V_{mpp} \cdot I_{mpp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} = \frac{P_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (4)$$

Dónde:

I_{sc} : corriente de cortocircuito [V]

V_{oc} : tensión de circuito abierto [V]

FF: factor de forma [*adimensional*]

El factor de forma es un indicador de la calidad de la célula que será mejor cuanto más cerca este FF a la unidad.

La eficiencia en las celdas solares, también conocida como rendimiento de conversión, cuantifica la cantidad de energía solar que puede ser transformada en energía eléctrica útil para consumo. El rendimiento de una celda solar se la obtiene del cociente entre:

$$\eta = \frac{P_{max}}{G \cdot A_c} \cdot 100\% \quad (5)$$

Dónde:

P_{max} : potencia máxima [W]

G: Irradiación instantánea [W/m^2]

A_c : Área de la celda [m^2]

1.3 Luminotecnia.

Es el tratado de las diferentes formas de producción, control y aplicaciones de toda fuente emisora de luz, sin distinguir su procedencia natural o artificial.

La luz es una manifestación de energía capaz de afectar al órgano visual.

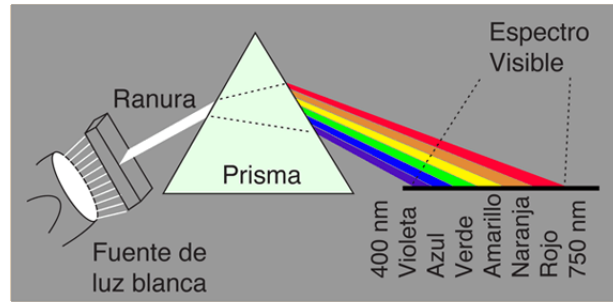


Figura 14. Espectro Visible.¹³

La luz blanca del día que percibimos es producto de la mezcla de todas las radiaciones electromagnéticas visibles y las cuales están comprendidas entre longitudes de onda de 350 nanómetros (nm) para el color violeta y 750 nm para el color rojo. Estos valores corresponden a los límites de sensibilidad del ojo humano a la luz, de aquí podemos concluir que la visión de los seres humanos es más sensible para una longitud de onda de 575 nm que corresponde al color amarillo-verdoso. (OSRAM, 1979)

1.3.1 Magnitudes usadas en Luminotecnia.

En los estudios de iluminación se generalizan algunas magnitudes que dan un índice de calidad a los resultados que se desea obtener, en todo sistema la salida en términos de potencia luminosa no corresponde a la magnitud de la entrada en términos potencia eléctrica aplicada.



Figura 15. Eficacia Luminosa.¹⁴

Las magnitudes y unidades que se emplean para cuantificar y establecer las características más idóneas de las fuentes de luz para aplicaciones en luminotecnia se detalla en la tabla 2.

¹³ Imagen tomada de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu>

¹⁴ Imagen tomada de <http://grlum.dpe.upc.edu>

Tabla 2. Resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales. (OSRAM, 1979)

Magnitud	Símbolo	Unidad	Definición de la unidad	Relación
Flujo Luminoso	Φ	Lumen [lm]	Flujo emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente con una intensidad luminosa de una candela	$\Phi = I \cdot \omega$
Rendimiento Luminoso	η	Lumen por vatio [lm/W]	Flujo luminoso emitido por unidad de potencia eléctrica	$\eta = \frac{\Phi}{W}$
Cantidad de Luz	Q	Lumen por segundo [lms]	Flujo luminoso emitido por unidad de tiempo	$Q = \Phi \cdot t$
Intensidad Luminosa	I	Candela [cd]	1/60 de la intensidad luminosa por cm ² del "cuerpo negro" a la temperatura de fusión del platino (2046 °K)	$I = \frac{\Phi}{\omega}$
Iluminancia	E	Lux [lx]	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m ²	$E = \frac{\Phi}{S}$
Luminancia	L	Candela por m ² [cd/m ²]	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie	$L = \frac{I}{S}$

1.3.2 Niveles de Iluminación para exteriores.

El Manual del Alumbrado de Westinghouse cita las recomendaciones para el alumbrado de señalización y anuncios.

Alumbrado de señalización y publicidad.

Los niveles de iluminación recomendados para este género de alumbrado vienen dados en la siguiente tabla:

Tabla 3. Niveles de Iluminación para Exteriores. (Westinghouse Electric Corporation, 2000, pág. 187)

NIVELES DE ILUMINACION.			
Nivel recomendado en lux		Nivel recomendado en lux	
Edificios		Aparcamientos. Zona	50
<i>Construcción general</i>	100	<i>Aparcamiento sin servicio</i>	10
<i>Trabajos de excavación</i>	20	<i>Aparcamiento atendido</i>	20
Edificios y monumentos		Embarcadero. Muelle	20
Iluminación de exteriores		Prisiones-Patios	50
Alrededores brillantes		Canteras	50
<i>Superficies claras</i>	150	Ferrocarriles – Clasificación	
<i>Superficies oscuras</i>	500	<i>Recepción</i>	10
Alrededores oscuros		<i>Puntos de desviación</i>	20
<i>Superficies claras</i>	50	Estaciones de servicio(rasantes)	
<i>Superficies oscuras</i>	200	Alrededores claros	
Boletines y anuncios		<i>Zonas de aproximación</i>	30
Alrededores brillantes		<i>Zonas de bombas</i>	300
<i>Superficies claras</i>	150	<i>Zonas de servicio</i>	70
<i>Superficies oscuras</i>	200	Alrededores oscuros	
Alrededores oscuros		<i>Zonas de aproximación</i>	15
<i>Superficies claras</i>	50	<i>Zonas de bombas</i>	200
<i>Superficies oscuras</i>	100	<i>Zonas de servicio</i>	30
Carbón. Depósitos (protección)	2	Astilleros	
Drenaje	20	<i>General</i>	50
Plataformas de carga	200	<i>Accesos</i>	100
Maderas Almacenes	10	<i>Zona de fabricación</i>	300
		Depósitos de Intemperie de mucho movimiento	200

1.3.3 Fuentes de Luz.

La principal fuente de luz es la radiación emitida por el Sol, esta forma de energía lumínica se la puede suplir mediante la producción de luz artificial, para esto existe una muy grande y variada existencia de lámparas eléctricas, las cuales por su principio básico de funcionamiento se las puede clasificar en:

- Lámparas incandescentes: Su funcionamiento se basa en el calentamiento de cuerpos solidos hasta alcanzar su incandescencia.

- Lámparas de descarga: Este tipo de producción de luz utiliza las descargas eléctricas entre dos placas o electrodos ubicados dentro de una capsula que contiene un gas o vapor metálico.
- Light Emitting Diode (LED): Son elementos semiconductores que producen luz visible cuando una corriente eléctrica atraviesa su chip y lo polariza directamente.

1.3.4 Luminarias LED.

La nueva tecnología LED se encuentra en constante evolución, produciendo iluminación mediante dispositivos semiconductores de estado sólido, obteniendo grandes ventajas sobre las tecnologías antes mencionadas entre las cuales se puede distinguir:

- Gran ahorro energético
- Bajo costo por mantenimiento
- Resistente y duradero
- Soluciones de iluminación originales
- Control dinámico de color e intensidad
- De dimensiones pequeñas
- Baja radiación infrarroja y ultravioleta

La evolución de la tecnología LED, está ligada siempre a los avances tecnológicos, de forma más concreta en la actualidad con las mejoras en la utilización de las nanotecnologías para obtener semiconductores de menor tamaño, con mayor velocidad-eficiencia y más económicos.

1.3.5 Distribución de la intensidad luminosa de las fuentes de luz.

Una iluminación con adecuada cantidad y calidad, se la puede obtener al optimizar la característica de distribución vertical de las fuentes de luz. La elección del tipo de luminarias nos permitirá realzar características físicas de una edificación, brindar la mejor calidad de luz según el tipo de trabajo de un ambiente determinado y dar una solución económica desde el punto de vista de mantenimiento y vida útil.

Tabla 4. Distribución de la intensidad luminosa. (Westinghouse Electric Corporation, pág. 80)

Distribución de la intensidad luminosa		
Tipo	Componente hacia arriba	Componente hacia abajo
Indirecta	90-100%	0-10%
Semiindirecta	60-90%	10-40%
General difusa	40-60%	40-60%
Semidirecta	10-40%	60-90%
Directa	0-10%	90-100%

Indirecta.

La intensidad luminosa de este tipo de luminarias está dirigida entre 90-100% hacia el techo, obteniendo una iluminación difusa la cual no es tan eficiente pero brinda una distribución uniforme.

Semiindirecta.

Entre el 60-90% de la intensidad de la luz de este tipo de luminarias es dirigida hacia el techo, en ángulos por encima de la horizontal y el porcentaje restante está dirigido hacia abajo.

General difusa o directa-indirecta:

Para un sistema general difuso el 40-60% de la iluminación existente en el plano de trabajo es directa, pero un porcentaje significativo de iluminación está dirigido hacia el techo y las paredes produciendo una alta componente indirecta de la luminaria.

Las luminarias del tipo directa-indirecta difieren en la cantidad de luz en dirección horizontal, debido a la opacidad de los paneles laterales que la conforman.

Semidirecta:

En este tipo de luminarias la iluminación sobre el plano de trabajo es casi en su totalidad resultado de la luz directa, en tanto que el pequeño porcentaje de luz indirecta en el techo sirve para dar brillo al área sobre la luminaria y con esto disminuir el contraste de brillo entre estos.

Directa:

En este sistema el 90-100% de la luz se dirige hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal. Este sistema es un eficaz productor de luz para una área de trabajo específica, la presencia de sombras y deslumbramientos directos o reflejados son algunos de los problemas que presentan este tipo de iluminación.

1.3.6 Aplicación de software Luminotécnico.

Los sistemas informáticos aplicables al modelamiento y simulación de sistemas lumínicos han sido muy difundidos, varias son las herramientas del cual podemos hacer uso para realizar el análisis y cálculo del sistema lumínico aplicable en la realización del presente proyecto.

El proceso de simulación se lo realizara haciendo uso de dos programas útiles en el diseño de edificaciones y posterior diseño luminoso:

- 1) Por la simplicidad en la realización de proyectos tridimensionales, se hará uso del software SketchUp para el diseño de la marquesina y la valla informativa.
- 2) La implementación del software DIALux por ser de libre acceso y fácil de utilizar, será utilizado en la simulación del sistema lumínico que se desarrollara.

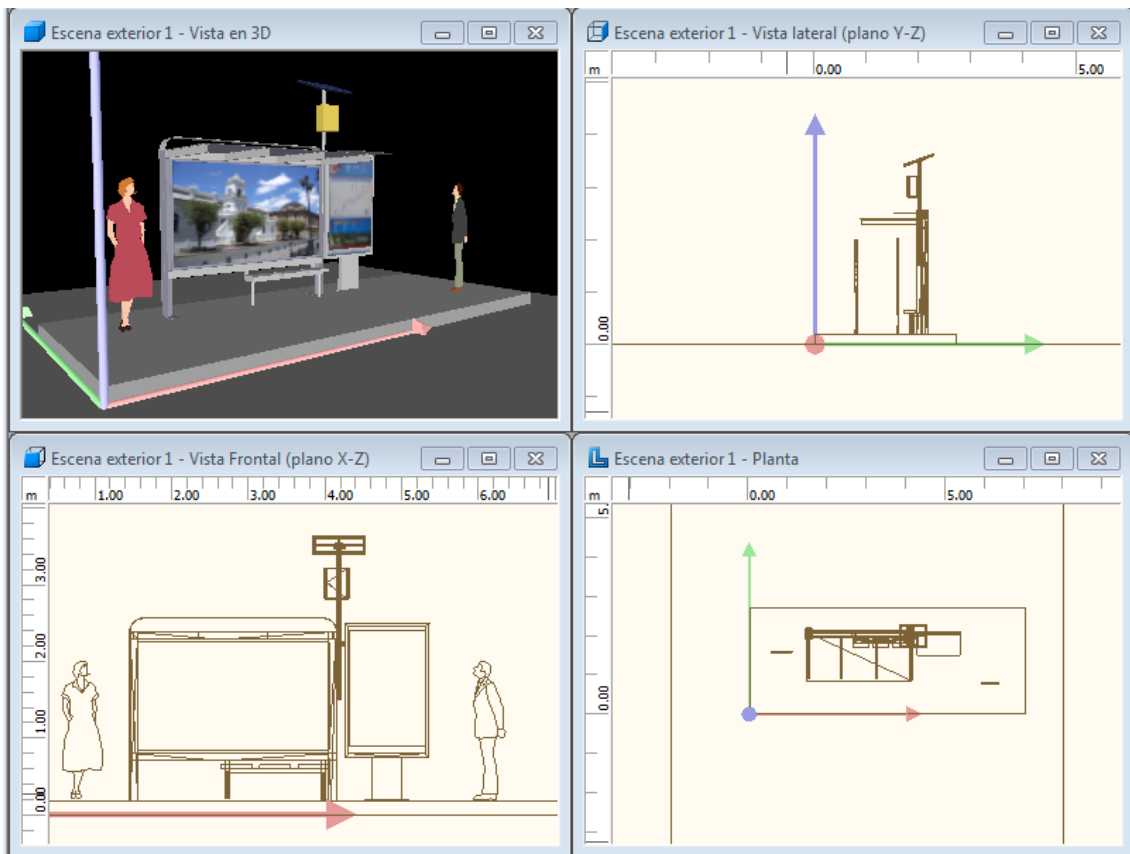


Figura 16. Diseño de Iluminación de una parada de bus y valla publicitaria mediante DIALux.

1.4 Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.

Se define a un sistema fotovoltaico autónomo, como el conjunto de elementos dispuestos de forma que posean independencia de estímulos exteriores para su normal funcionamiento.

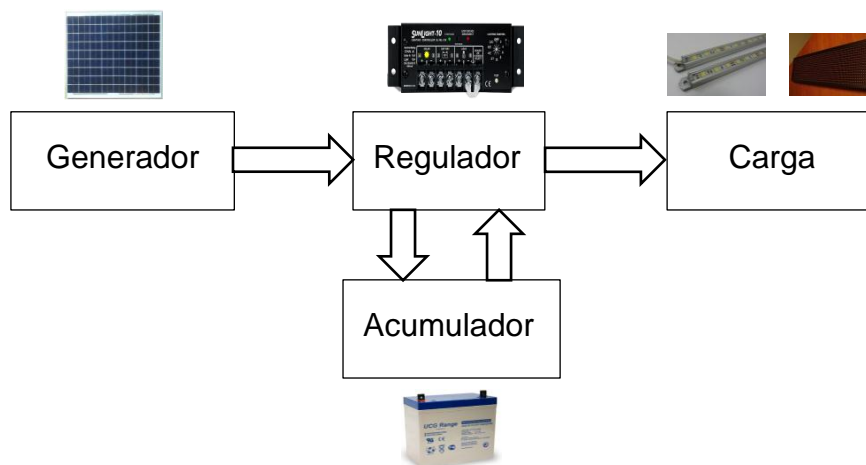


Figura 17. Esquema a bloques de un Sistema Fotovoltaico Autónomo.

1.4.1 Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos.

La clasificación de los sistemas fotovoltaicos se los ha clasificado por su tipo de conexión en:

1.4.1.1 Instalaciones Autónomas.

Capaz de producir energía para satisfacer el consumo de cargas eléctricas en lugares de difícil acceso o que por su ubicación no es factible su interconexión a una red pública, los campos de utilización tienen dos grupos.

Aplicaciones espaciales: Los sistemas fotovoltaicos provistos de paneles solares ubicados en el fuselaje de los satélites y estaciones espaciales que orbitan la Tierra, proporcionan de energía eléctrica a todo el equipo y maquinas existentes. La necesidad de una fuente de energía en el espacio fomento el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos.



Figura 18. Estación Espacial Internacional. (Díaz & Carmona, pág. 28)

Aplicaciones terrestres: Las aplicaciones de esta tecnología es para lugares distantes a los centros poblados, tales como:

- Telecomunicaciones, es la fuente de suministro de energía para servicio de telefonía pública y sistemas troncalizados, a la vez que da autonomía a los bancos de baterías existentes en repetidoras de telefonía móvil.
- Electrificación de zonas rurales y aisladas, en este tipo de aplicación los centros poblados están a distancias de algunas decenas de kilómetros y en las zonas aisladas el ingreso a estas zonas se las realiza de forma fluvial y/o aérea.
- Señalización, se aplica a señales de tráfico luminosas, formadas por luminarias LED's que hacen uso de un panel solar y una batería para su autonomía.

- Alumbrado público, en donde el acceso de la red eléctrica pública se encuentra a una distancia considerable y la implementación de extensiones de red implican un costo elevado.
- Bombeo de Agua, se utiliza como fuente de energía eléctrica capaz de poner en movimiento los motores de bombas de agua.
- Redes VSAT (Very Small Aperture Terminal), la energía solar se usa para alimentar las estaciones de la red.
- Telemetría, en estaciones meteorológicas ubicadas en lugares remotos como montañas, islas, bosques; la utilización de la energía eléctrica generada por los paneles solares alimentan pequeños ordenadores que recopilan información de parámetros meteorológicos.

Otras aplicaciones: Las aplicaciones de sistemas autónomos es ilimitada, por lo que el presente proyecto de tesis hará uso de estas ventajas para la iluminación de una parada de bus y su valla informativa como se observa a continuación en la figura 19.



Figura 19. Iluminación de una parada de bus y valla informativa.

1.4.1.2 Instalaciones conectadas a Red.

En estas instalaciones, la producción de energía solar no es utilizada directamente, esta es vendida a la dependencia de gobierno encargada de la distribución y comercialización de electricidad y energías renovables.

Tiene la ventaja que la producción de electricidad se realiza en el periodo de tiempo en el que la curva de demanda aumenta, es decir, durante el día. En

estas condiciones se da una simultaneidad de generación y consumo de la energía generada, las instalaciones se clasifican de la siguiente forma.

Centrales Fotovoltaicas:

Recinto con un número elevado de paneles solares que interactúan para obtener a la salida una potencia acumulada, la cual será inyectada a un sistema interconectado de una ciudad o país con fines netamente comerciales entre el propietario de la central y la empresa encargada de la distribución y comercialización eléctrica local.

Edificios Fotovoltaicos:

La optimización y eficiencia en la generación fotovoltaica se ha incorporado en las formas de construcción y fachada de edificios, ejemplo de esto es la incorporación de paneles solares como recubrimiento de paredes y techos de edificios y viviendas de uso general. Una vez instalados los paneles la generación fotovoltaica se la aprovecha de igual forma que en las centrales fotovoltaicas con la diferencia que es un sistema menos eficiente debido al movimiento de rotación de la Tierra el cual se ve reflejado en la producción de sombras a determinadas horas del día.

1.4.2 Elementos de una Instalación Solar Fotovoltaica.

Una instalación solar fotovoltaica autónoma y una instalación conectada a red, basan su funcionamiento en un panel o grupo de paneles que se encargan de la generación de energía eléctrica necesaria para cubrir la demanda de energía que un proyecto requiere.

A continuación se puede observar los componentes que requiere una instalación fotovoltaica autónoma aplicada a la “Iluminación de una parada de bus y su valla publicitaria”.

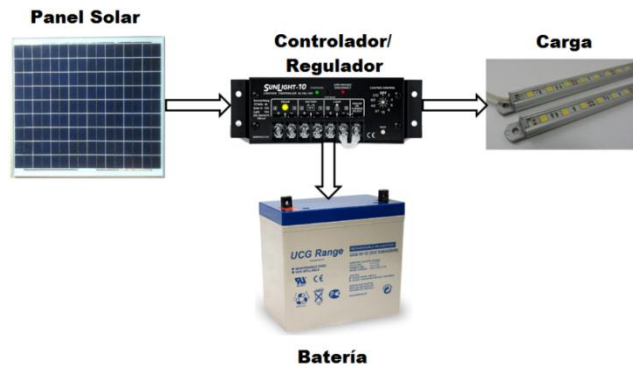


Figura 20. Sistema de Generación Solar Autónomo utilizado en la Iluminación de una Parada de bus.

Paneles Solares.

Son los encargados de la generación eléctrica, pueden ser de varios tipos, los más utilizados para este tipo de instalación son los paneles con tecnología monocristalina y policristalina.

Los paneles solares monocristalinos y policristalinos, con uniones en serie de celdas, su voltaje nominal esta entre los 12-18 voltios para uniones de 36 células y 24-34 voltios para uniones de 72 células.

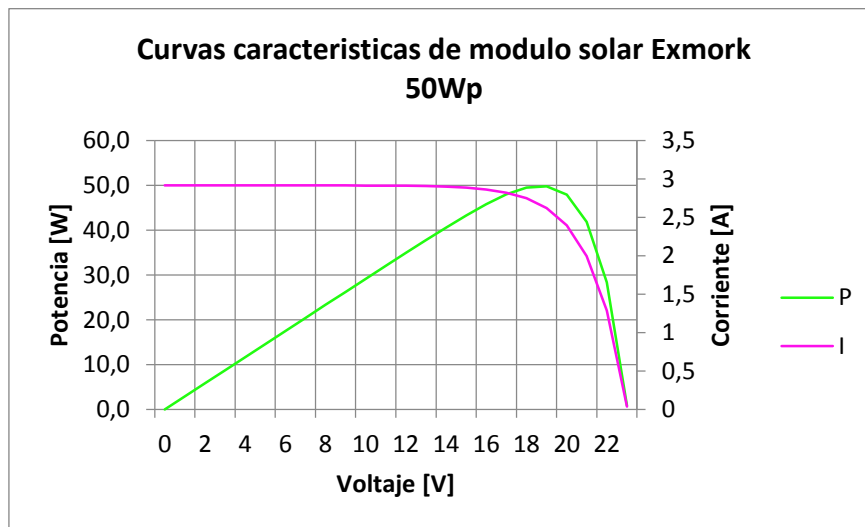


Figura 21. Curvas Características del Panel Solar.

El esquema eléctrico equivalente así como el modelo matemático utilizado para la simulación de un panel solar es tratado en la Tesis “Parametrización de los sistemas eléctricos fotovoltaicos basado en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca, aplicado en la Universidad Politécnica Salesiana”¹⁵.

¹⁵ (Peña & Pinos, 2014)

Regulador.

Es un equipo electrónico capaz de evitar la sobrecarga y la descarga excesiva de un acumulador cuando se alcanzan determinados umbrales, generalmente determinados por la tensión en bornes de una batería.

Para proteger frente a la sobrecarga, el regulador puede desconectar al generador de la batería a este tipo de reguladores se los conoce como **reguladores serie**.

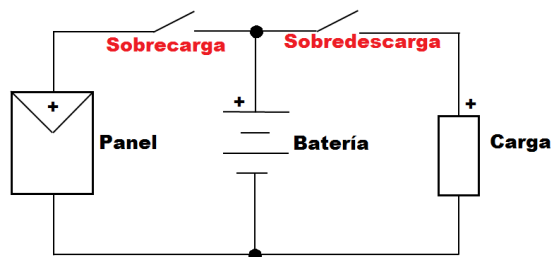


Figura 22. Regulador serie.

Otra forma de funcionamiento de un regulador consiste en derivar la corriente del generador hacia otro lugar, sea este un cortocircuito o un disipador, se lo conoce como regulador shunt o paralelo. Esta última opción debe incorporar un diodo de bloqueo entre el generador y la batería para evitar descargas de ésta sobre el camino alternativo que ofrece el regulador.

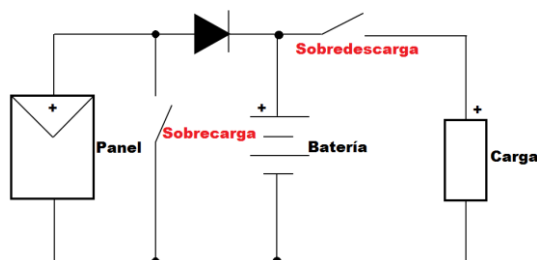


Figura 23. Regulador shunt.

Para proteger frente a la sobredescarga, lo común, tanto en reguladores serie como paralelo, es desconectar los equipos de consumo de la batería. Estos equipos suelen emplear interruptores MOSFET como dispositivos de conmutación.

Es conveniente observar que en las dos protecciones la batería siempre es la que impone la tensión del sistema, sea al módulo, a los equipos de consumo o al regulador. Dicho de otra forma, los equipos de consumo y el módulo nunca

quedan conectados de forma directa sin la intervención de la batería. Una de las funciones del acumulador es estabilizar la tensión del sistema y así evitar fluctuaciones dañinas en los equipos de consumo.

El funcionamiento del regulador puede ser descrito por dos ciclos, uno para cada protección.

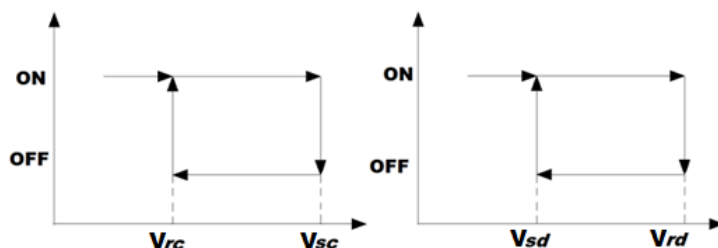


Figura 24. Ciclo de control de carga y descarga.

En la protección contra la sobrecarga, el regulador dará orden de desconexión del generador cuando la tensión de la batería supere el “voltaje de fin de carga” [V_{sc}]. A partir de este momento, la tensión de la batería estará sometida a un proceso de descarga por los equipos de consumo, disminuirá su tensión.

Cuando ésta alcance el “voltaje de reposición” [V_{rc}], conectar de nuevo a la batería con el generador. Hay dos tipos básicos de estrategias de control. En los controladores “on-off” se interrumpe totalmente la corriente de carga cuando se alcanza el “voltaje de fin de carga”, mientras que en los controladores con “modulación del ancho de pulso”, o PWM, se observa una reducción gradual de la corriente de carga cuando se alcanza el “voltaje de fin de carga”, manteniendo así el voltaje constante, y precisamente igual a este valor. Ambos tipos de reguladores y de estrategias de control son adecuadas para “Solar Home Systems (SHS).

Tabla 5. Umbrales de carga y descarga de un controlador de 10 A.

Controlador Solar de Iluminación.	
CAPACIDAD NOMINAL	
Voltaje nominal [V]	12
Intensidad nominal [A]	10
INFORMACION TECNICA	
Punto de Regulación [V]	14,1
Desconexión por bajo voltaje [V]	11,7
Reconexión por bajo voltaje [V]	12,8

Para la protección contra la sobredescarga, el regulador desconecta la batería de los equipos de consumo cuando la tensión alcanza el umbral definido por $[V_{sd}]$. A partir de esta desconexión, la batería será sometida a un proceso de carga por el generador fotovoltaico y su tensión subirá. Cuando ésta alcance el valor de reconexión $[V_{rd}]$, conecta de nuevo la batería a los equipos de consumo.

Es conveniente el uso de avisos luminosos en el regulador que alerten de la cercanía de la desconexión, existe una amplia variedad de combinaciones de sistemas de alarma, siendo destacable el código de colores tipo semáforo.

Los voltajes de desconexión y reconexión de carga deben adaptarse a cada tipo de batería. Sin embargo, a diferencia de la protección contra sobrecarga, es preferible no recurrir a valores universales para estos umbrales y es conveniente recurrir a las recomendaciones del fabricante.

Batería.

Es un acumulador electroquímico capaz de almacenar energía eléctrica mediante una transformación de la misma en energía electroquímica.

Es un elemento capaz de brindar autonomía a un sistema fotovoltaico y satisfacer los requerimientos de consumo en cualquier momento, independientemente de la generación, también contribuye al buen funcionamiento del sistema al aportar con una corriente superior a los que proporciona un generador fotovoltaico también estabiliza el voltaje del sistema, evitando fluctuaciones de tensión en los equipos de consumo.

Todos los acumuladores que se emplean en los sistemas fotovoltaicos autónomos se basan, en la tecnología de ácido plomo.

Una batería de ácido plomo se compone de un ánodo o electrodo positivo con dióxido de plomo (PbO_2), un cátodo o electrodo negativo con plomo (Pb) y un electrolito a base de tetraoxosulfato de hidrogeno (H_2SO_4) diluido en agua. Su principio de funcionamiento es una reacción electroquímica de oxidación-reducción.

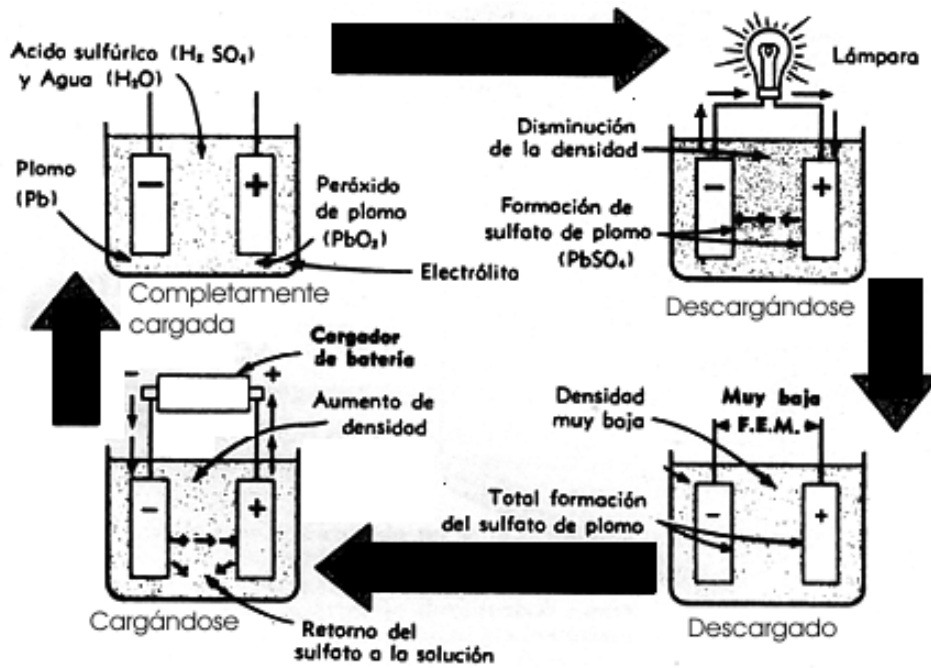


Figura 25. Ciclo de carga y descarga de un acumulador del tipo ácido plomo.¹⁶

Cuando los electrodos reaccionan con el electrolito, en el electrodo positivo (ánodo) se producen electrones, dándose la reacción de oxidación y en el otro electrodo (cátodo) se produce un defecto de electrones produciéndose una reacción de reducción de electrones. Cuando los electrones sobrantes del ánodo pasan al cátodo a través de un conductor externo al acumulador se produce una corriente eléctrica.

Una batería de ácido plomo puede ser modelada como una fuente de tensión $[V_{BI}]$, en serie con una resistencia $[R_{BI}]$. Ambos parámetros están relacionados con la densidad del electrolito y con la temperatura.

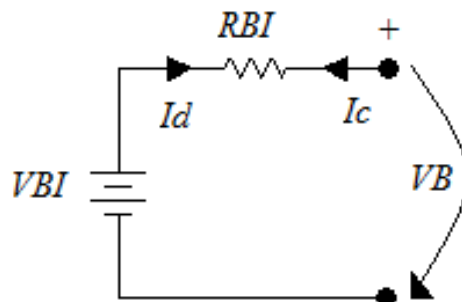


Figura 26. Modelo eléctrico de una batería.

¹⁶ Imagen tomada de <http://www.sapiensman.com>

Al aplicar este modelo, la tensión de salida de la batería en el momento de carga es:

$$V_B = V_{BI} + I_c \cdot R_{BI} \quad (6)$$

y para el momento de la descarga:

$$V_B = V_{BI} - I_d \cdot R_{BI} \quad (7)$$

Donde:

V_B : Voltaje de la batería

V_{BI} : Voltaje en circuito abierto de un vaso.

I_c : Corriente de carga

I_d : Corriente de descarga

Cuando el electrolito es homogéneo, es posible aplicar:

$$V_{BI} = \rho_e + 0,84 \quad (8)$$

Para baterías cargadas ρ_e varía entre 1,2 g/cm³ y 1,28 g/cm³. Por lo tanto, la tensión en circuito abierto de un vaso, está comprendida entre 2,04 V a 2,12 V. Por lo que esta medida estima el estado de carga de una batería. (Ramon & Pineda, 2015)

Carga.

Las cargas típicas en los sistemas solares domésticos son luminarias, por razones de eficiencia, se recomienda el uso de lámparas tipo LED.

Sin duda alguna una de las principales características es su eficacia. En el mercado se tienen disponibles lámparas LED que suelen alcanzar eficacias de alrededor de 70 lm/W. Además han sido reportadas ciertas lámparas de prototipos con eficacias superiores a 150 lm/W. Las lámparas LED tienen las siguientes características:

- Vida útil promedio: mayor a 50.000 horas
- Bajo mantenimiento
- Temperatura de color: 2700 - 7000 °K.
- Índice de rendimiento de color: CRI= 70-90 %

- Eficacia promedio: 80 - 100 lm/W
- Depreciación de flujo luminoso 30 – 40% (hasta 50.000 horas y después el flujo se mantiene constante)
- Temperatura de operación: – 35° a + 40° C
- Encendido y reencendido: rápido

Hay que tener muy en cuenta que los LED presentan una mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, y por el contrario, producen una mayor intensidad luminosa cuanto mayor es la corriente que circula por ellos, es por esto que para tener una operación óptima de los mismos, se suele buscar una buena relación entre la intensidad luminosa y la eficiencia.

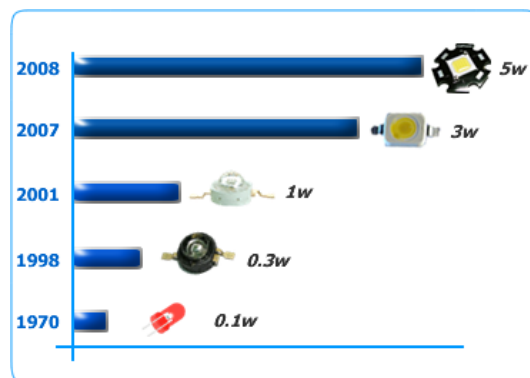


Figura 27. Evolución LED.¹⁷

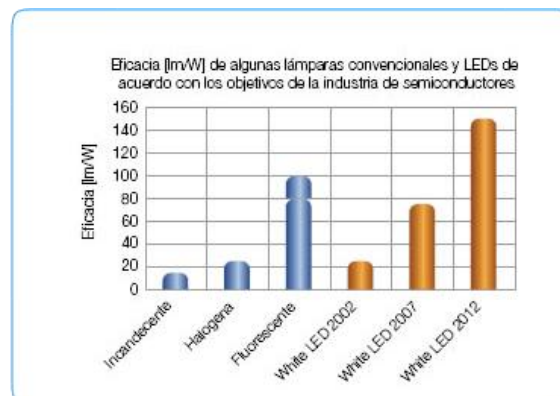


Figura 28. Eficacia de algunos tipos de lámparas.

¹⁷ Imagen tomada de <http://www.hogarlux.com>

CAPÍTULO 2

2 Diseño del Sistema de Iluminación

En el capítulo 1 se dio un estudio general sobre los tópicos involucrados en el diseño y construcción de un sistema de iluminación autónomo de una parada de bus y valla informativa para el SIT. Los diversos recursos didácticos, empíricos y programas computacionales aplicables en el campo de la ingeniería eléctrica más específicamente en el diseño de alumbrado, brindan el sustento teórico suficiente para proponer las luminarias, dispositivos de control, protecciones, cableado y métodos de sujeción más adecuados para alcanzar los objetivos planteados en el presente proyecto de tesis, sin dejar de lado el impacto visual y ambiental que podría presentarse durante la construcción del sistema de iluminación.

Los tipos de luminarias y métodos de iluminación utilizados en sistemas fotovoltaicos autónomos serán el punto de partida para el dimensionamiento y posterior implementación del sistema más eficiente que cumplan con las normas técnicas vigentes para iluminación exterior y de publicidad.

2.1 Estudio lumínico de la parada de buses y su valla informativa.

El dimensionamiento de un sistema de iluminación basa su análisis en las condiciones existentes, para posteriormente proyectar los niveles de luminancias que se desee sobre una superficie específica.

A continuación, se muestra en la figura el diseño en tres dimensiones realizado en el software SketchUp de la marquesina y valla publicitaria de una parada de buses, el cual se lo realizó posterior al levantamiento de medidas de las estructuras existentes en la parada de buses ubicada junto a la entrada principal de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca (calle Vieja y Elia Liut).

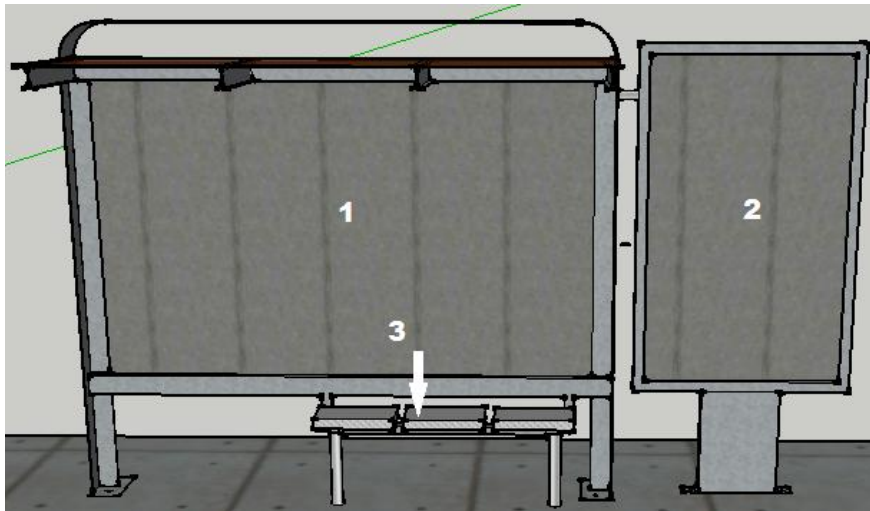


Figura 29. Levantamiento de marquesina y valla publicitaria.

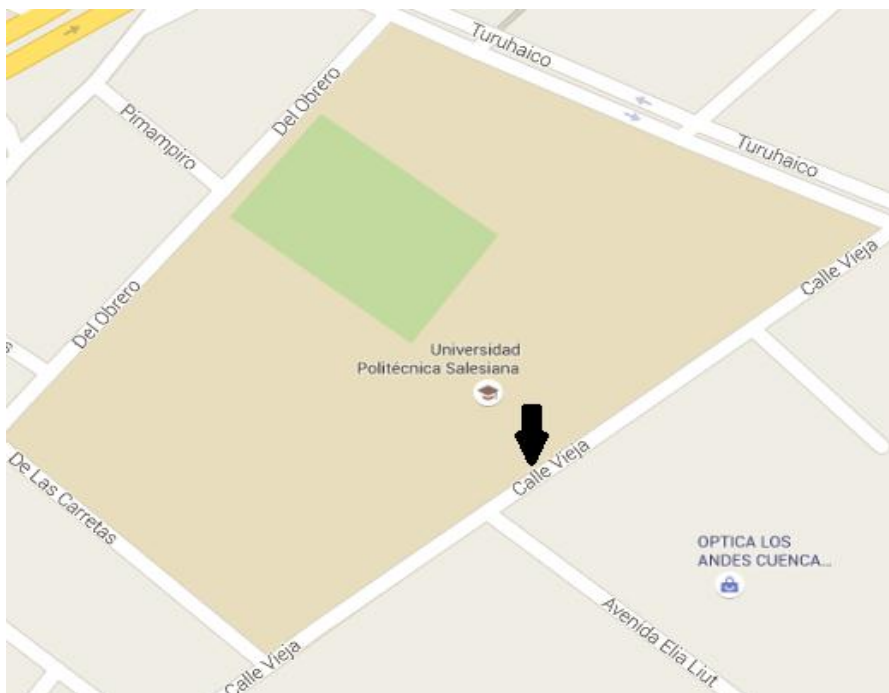


Figura 30. Ubicación del proyecto.

La ubicación del proyecto luego de hacer uso de <https://www.google.com.ec/maps/> muestra que está se encuentra a 2.908032° de latitud sur (-2.908032°) y una longitud de 78.979716° oeste (-78.979716°), datos que por el momento solo son informativos pero en lo posterior serán utilizados en la determinación de la radiación solar presente en el punto antes mencionado.

Haciendo referencia a la figura que muestra el levantamiento de las estructuras existentes, se puede observar que se tiene dos planos verticales para publicidad, los cuales serán nombrados como plano útil 1 (P.U-1), plano útil 2 (P.U-2) y un plano horizontal ubicado sobre el asiento de la marquesina identificado como plano útil 3 (P.U-3). Los flujos luminosos presentes son tabulados para su posterior análisis y corrección.

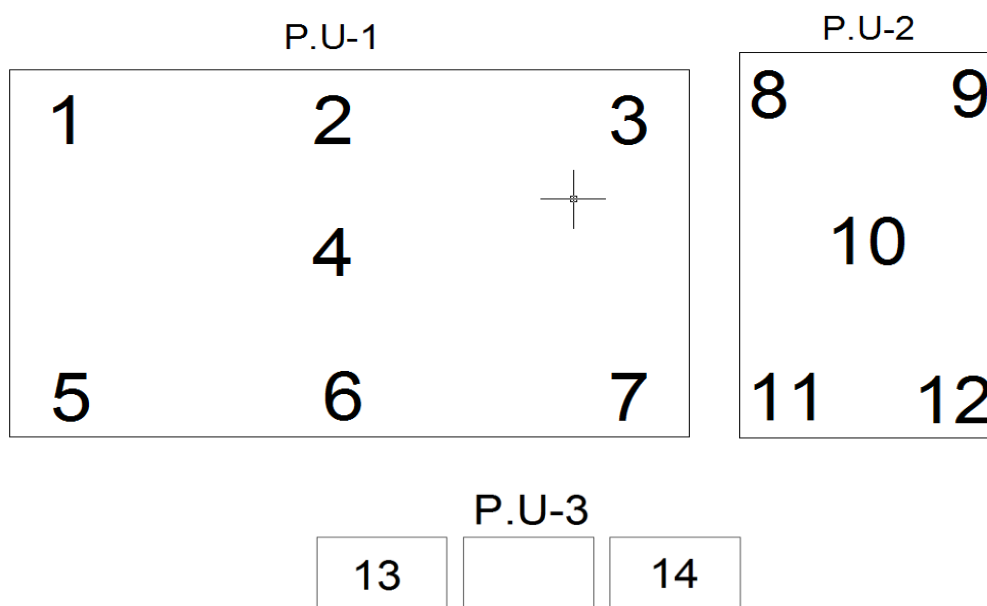


Figura 31. Planos útiles del proyecto.

La tabla 6 muestra las iluminancias presentes en los planos útiles medidos a las 19:00 del 28 de octubre de 2014 sin iluminación.

Tabla 6. Dimensiones e iluminancias existentes.

P.U-1		P.U-2		P.U-3	
Ancho [m]	Altura[m]	Ancho [m]	Altura[m]	Ancho [m]	Profundidad [m]
2,5	1,5	1	1,65	1,3	0,25
Ubicacion	Iluminancia [lux]	Ubicacion	Iluminancia [lux]	Ubicacion	Iluminancia [lux]
1	7	8	7	13	4,7
2	6,6	9	4	14	4,2
3	5,4	10	7,5		
4	9	11	4,8		
5	7,5	12	5,5		
6	7,8				
7	8,5				

Se proyecta una iluminancia media de cincuenta luxes ($E_m=50 \text{ lux}$) para superficies claras con alrededor oscuro en los planos verticales, los cuales contienen publicidad e información de rutas y líneas de los buses que transitan por ese lugar, sin dejar de lado los planos de trabajo horizontal para el cual la RTE INEN 038:2008 establece una iluminancia de ochenta luxes ($E_{m1}=80 \text{ lux}$)

a una distancia normal de 80 cm por debajo de la fuente de luz para estaciones, corredores y pasillos (de buses) del servicio de transporte urbano. (INEN, 2008) (IAC, 2014).

Las recomendaciones anteriores se aproximan con las que se han establecido en los tratados de iluminación fotovoltaica en paraderos de Santiago de Chile, la cual recomienda que “el sistema debe proveer una buena intensidad de iluminación bajo el refugio, permitiendo leer información, definiendo un valor referencia de 100 lux a un metro del techo del refugio”. (Carrasco, pág. 17)

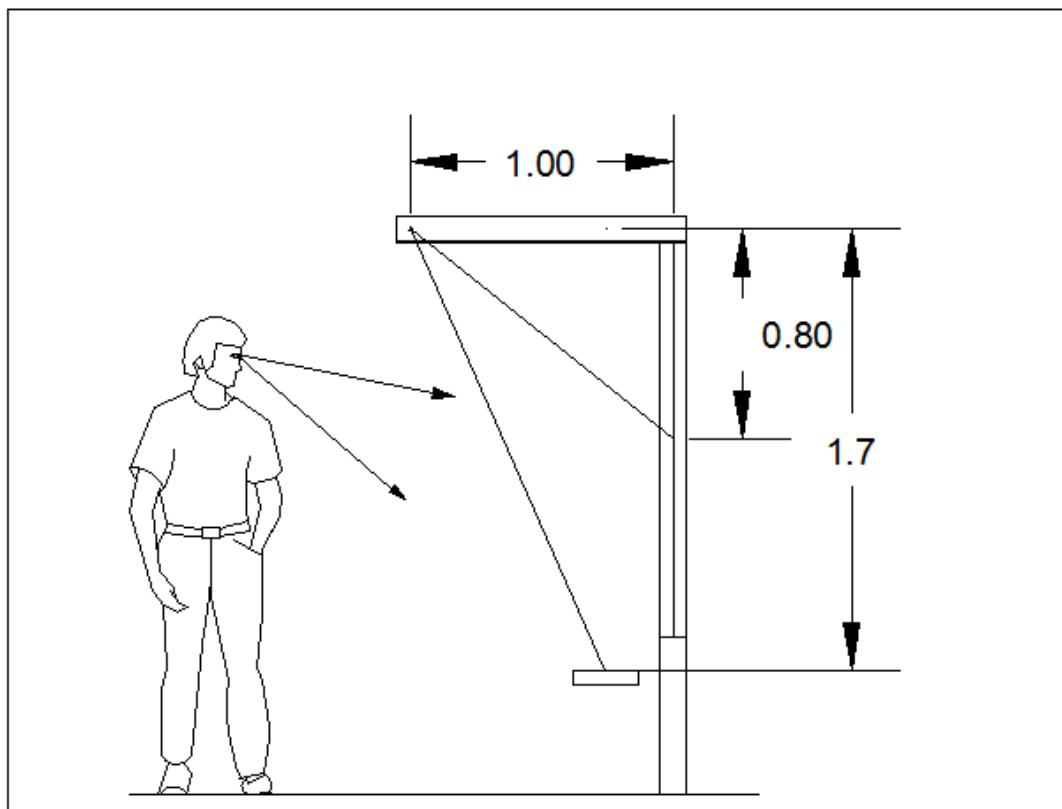


Figura 32 Dimensiones para cálculo de iluminancias.

Las simulaciones realizadas en DIALux brindan salidas (output) o reporte de resultados del proyecto como se puede observar en el anexo 2 del presente texto y del cual a continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos después de realizar varias configuraciones de posición e inclinación con luminarias tipo LED hasta obtener el valor recomendado de iluminancia.

Tabla 7. Disposición de luminarias.

Disposicion	Potencia de luminarias	Cantidad de luminarias	Punto de analisis	Em [lux]	Emin [lux]	Emax [lux]	Emin/Em	Emin/Emax
Axial	3,75 [W]	4	P.U-1	49	8,33	119	0,169	0,07
			P.U-2	33	8,85	74	0,264	0,119
			P.U-3	56	48	60	0,868	0,81
			Plano Util	83	36	115	0,433	0,314
Transversal	3,75 [W]	4	P.U-1	49	8,33	119	0,169	0,07
			P.U-2	33	8,85	74	0,264	0,119
			P.U-3	56	48	60	0,868	0,81
			Plano Util	83	36	115	0,433	0,314
Axial (extremo de la estructura)	3,75 [W]	4	P.U-1	30	4,51	45	0,15	0,1
			P.U-2	20	4,33	29	0,219	0,148
			P.U-3	43	37	47	0,855	0,779
			Plano Util	71	25	109	0,352	0,228
Inclinacion de 30°	3,75 [W]	4	P.U-1	57	21	90	0,363	0,229
			P.U-2	38	18	56	0,469	0,321
			P.U-3	50	44	53	0,879	0,818
			Plano Util	77	38	105	0,489	0,359
Inclinacion de 45°	3,75 [W]	4	P.U-1	64	20	111	0,315	0,183
			P.U-2	44	18	69	0,41	0,258
			P.U-3	49	44	52	0,89	0,839
			Plano Util	73	35	99	0,477	0,351
Inclinacion de 60°	3,75 [W]	4	P.U-1	67	18	128	0,276	0,144
			P.U-2	46	17	77	0,367	0,217
			P.U-3	45	40	47	0,899	0,856
			Plano Util	62	22	89	0,35	0,247
Inclinacion de 30°	3,75 [W]	5	P.U-1	75	28	113	0,373	0,246
			P.U-2	43	20	63	0,477	0,323
			P.U-3	65	55	71	0,849	0,779
			Plano Util	134	92	159	0,686	0,578
Inclinacion de 30°	3,75 [W]	6	P.U-1	93	34	147	0,363	0,231
			P.U-2	47	23	71	0,488	0,32
			P.U-3	80	66	89	0,824	0,744

Las Isolíneas que se generan para una inclinación de 30° con respecto al eje perpendicular al piso, utilizando 5 luminarias se muestran a continuación.

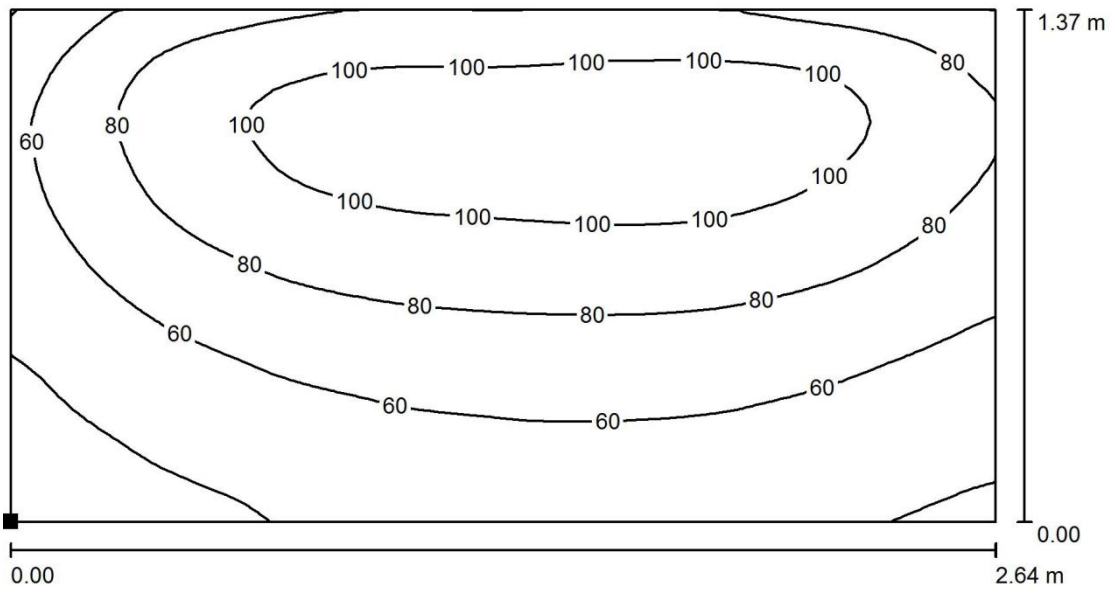


Figura 33. Isolíneas en el P.U – 1. Anexo 2

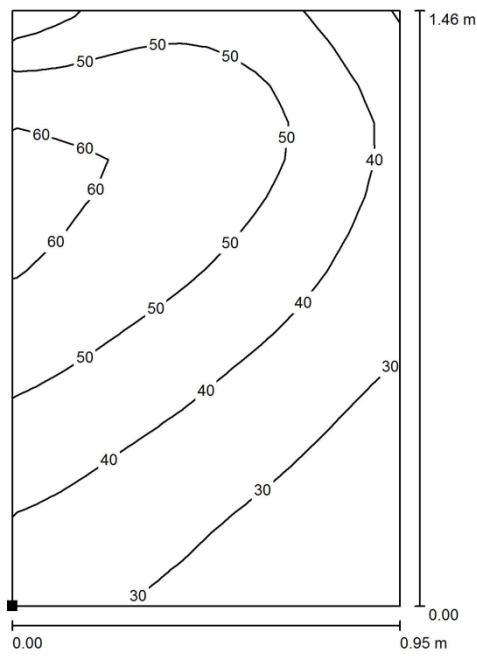


Figura 34. Isolíneas en el P.U – 2. Anexo 2

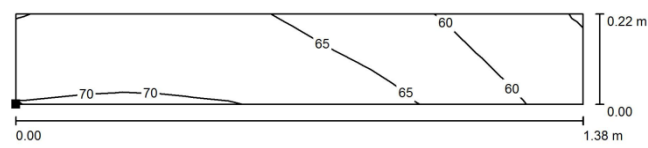


Figura 35. Isolíneas en el P.U – 3. Anexo 2

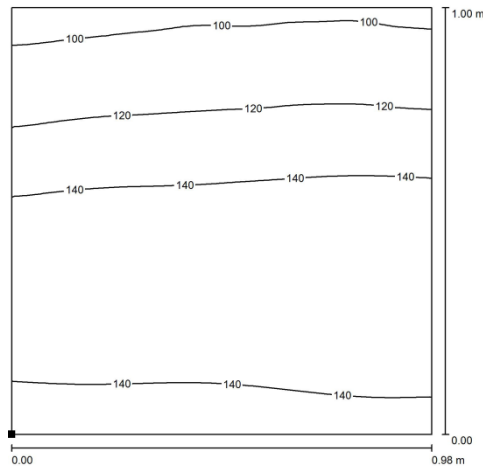


Figura 36. Isolíneas a un metro bajo las luminarias. Anexo 2

El informe completo de la simulación en DIALux incluye la descripción del tipo de luminarias a utilizar y se lo incluye en el Anexo 2 al final del documento.

2.2 Selección del tipo de luminarias.

La figura que a continuación se muestra claramente detalla el limitante de espacio físico que tienen algunos tipos de lámparas y luminarias, por consiguiente se justifica la utilización de luminarias LED tipo strip en regletas y tiras/bandas en aplicaciones donde no se tiene espacio suficiente o puedan incomodar el continuo tránsito de personas.

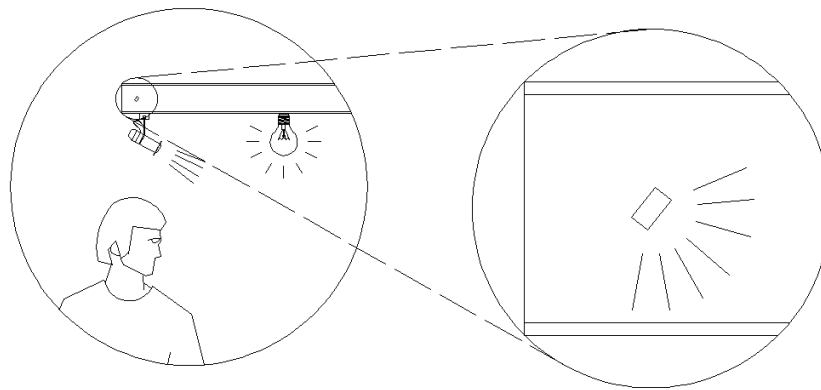


Figura 37. Detalle de luminarias tipo strips.

2.2.1 Luminarias LED tipo Strips (cintas).

Regleta.

Las regletas son agrupaciones que no sobrepasan los 60 LED's en una capsula diseñada para contener un numero variado de estos elementos en una longitud

que no sobrepasa 1,2 m., como se muestra en las figuras que se incluyen en el anexo 2.

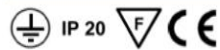


Figura 38. SM440L 10xLED Philips. Anexo 2

Tiras

Las tiras son agrupaciones LED de hasta 5 m, integrados sobre una superficie conductora flexible que permite la interconexión de todos los elementos.



Figura 39. LightStrips 5m. Philips.¹⁸

2.2.2 Curva fotométrica.

Las regletas y tiras LED's poseen una buena distribución lumínica en componente directa y como se puede observar en el diagrama fotométrico la distribución del flujo luminoso es simétrico ($C_0 - C_{180}$ en rojo y $C_{90} - C_{270}$ en verde) para el caso de las regletas independiente de su forma alargada, los chips led están posicionados de forma que no importe la ubicación axial o transversal a un eje de referencia de un proyecto, siempre se obtendrá los mismos resultados en la distribución del flujo luminoso.

¹⁸ Imagen tomada de <http://www.me.philips.com>

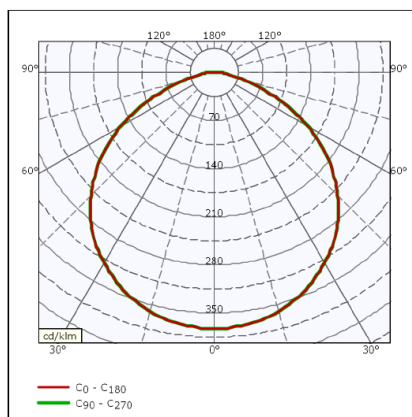


Figura 40. Fotometría SM440 L. Anexo 2

Existen en el mercado una gran variedad de regletas y bandas LED, por su grado de eficiencia lumínica estas luminarias pueden variar mucho en su precio, presentación y disponibilidad a la hora de adquirirlas.

2.2.3 Elección del tipo de luminarias.

Varios son los parámetros y consideraciones que se deben tomar en consideración para la justificación y posterior utilización de un determinado tipo y/o modelo de luminarias LED.

El uso de estas luminarias conlleva el conocimiento de sus diferentes longitudes de onda y potencial que debe ser aplicar a cada uno de los chips que conforman una luminaria y obtener un determinado color de luz.

Tabla 8. Características de los diodos LED. (Mesa, pág. 13)

Color	Longitud de onda [nm]	Potencial [V]
Rojo	621-624	1.8 - 2.2
Anaranjado	590-610	2.1 - 2.2
Amarillo	584-588	2.1 - 2.4
Verde	520-525	2 - 3.5
Azul	460-475	3.5 - 3.8
Blanco	Todo el espectro	3.6

La tensión adecuada para manejar este tipo de cargas de corriente continua puede establecerse de la tabla 9, la cual muestra los niveles de tensión más adecuados en función de la potencia de consumo.

Tabla 9. Tensión nominal del sistema en función de la Potencia. (Castejon & Santamaria, pág. 132)

Potencia [W]	Tensión nominal [V]
$P \leq 800$	12
$800 < P < 1600$	24
$1600 < P < 3200$	48
$P > 3200$	120

El límite de corriente que establece el cociente de la potencia de 800 W para la tensión aplicada de 12 V establece por Ley de Ohm una I_n de 66.66 A, muy superior a los valores nominales que se pueden llegar a tener en el presente proyecto.

Otro punto a tomar en cuenta es la selección del color de la luz más adecuado para lograr una buena iluminación sobre las superficies. Al tratarse de una estructura ubicada en la acera de la vía pública, está influenciada por la iluminación del alumbrado vial de la ciudad, que generalmente se ubican de 8 a 12 m. de altura con lámparas de vapor de sodio de alta presión o bombillas de haluros metálicos los cuales producen luz amarilla.



Figura 41. Contraste de iluminación LED de luz blanca con alumbrado público.

El objetivo de brindar iluminación bajo la marquesina de una parada de bus es dar comodidad a los transeúntes que se encuentran dentro de ella, a la vez que debe brindar comodidad para la observación y lectura de la publicidad e información existente.

La presencia de luz amarilla existente en los alrededores puede ser contrastada mediante la utilización de luminarias LED de color blanco (5000°K)

que permitan tener descanso visual y un adecuado nivel luminoso que facilite la lectura de la información existente.

Las luminarias led por su luz de color blanco establecen tres grupos de temperatura de color:

Luz Cálida (temperaturas de color entre 2800°K y 3500°K): Equivale a la luz que producían las bombillas incandescentes y los focos halógenos.

Luz Neutra (temperaturas de color entre 3800°K y 4500°K): Es la luz más natural y se la puede instalar en cualquier entorno que no requiera de un matiz específico.

Luz Fría (temperaturas de color de más de 5000°K): Equivale a la luz de un día muy soleado. Una de las ventajas de la luz fría es que a la misma intensidad aporta una mayor cantidad de lúmenes lo que genera una percepción mayor de luminosidad.

Por lo expuesto se ratifica a las luminarias LED de luz blanca fría como la mejor opción para el alumbrado de una parada de bus.

2.3 Simulación de sistema lumínico con el software DIALux.

La ingeniería eléctrica al igual que la física con el pasar del tiempo ha presenciado la incorporación de nuevas tecnologías y equipos a la vez estas tecnologías se han ido especializando en un sinnúmero de ramas y campos de estudio, ejemplo de esto es el tratamiento de las fuentes de energía luminosa sean estas de origen natural o artificial.

Hoy en día la utilización de herramientas e instrumentación han disminuido el tiempo y trabajo de todo diseñador, independiente del medio en que se desenvuelva sea este técnico, social, cultural, educativo, etc.

En el campo de eléctrico encontramos varios programas aplicables al estudio de iluminación de locales interiores y exteriores:

- Aidolux
- Calculux

- Daisa
- DIALux
- Illuminet
- Lumenlux
- Relux

DIALux, software de libre acceso ha sido diseñado para el estudio lumínico de superficies internas y externas. Plugins de las fábricas constructoras de lámparas y luminarias brindan un entorno compatible con archivos de diseño asistido por computadora (CAD).

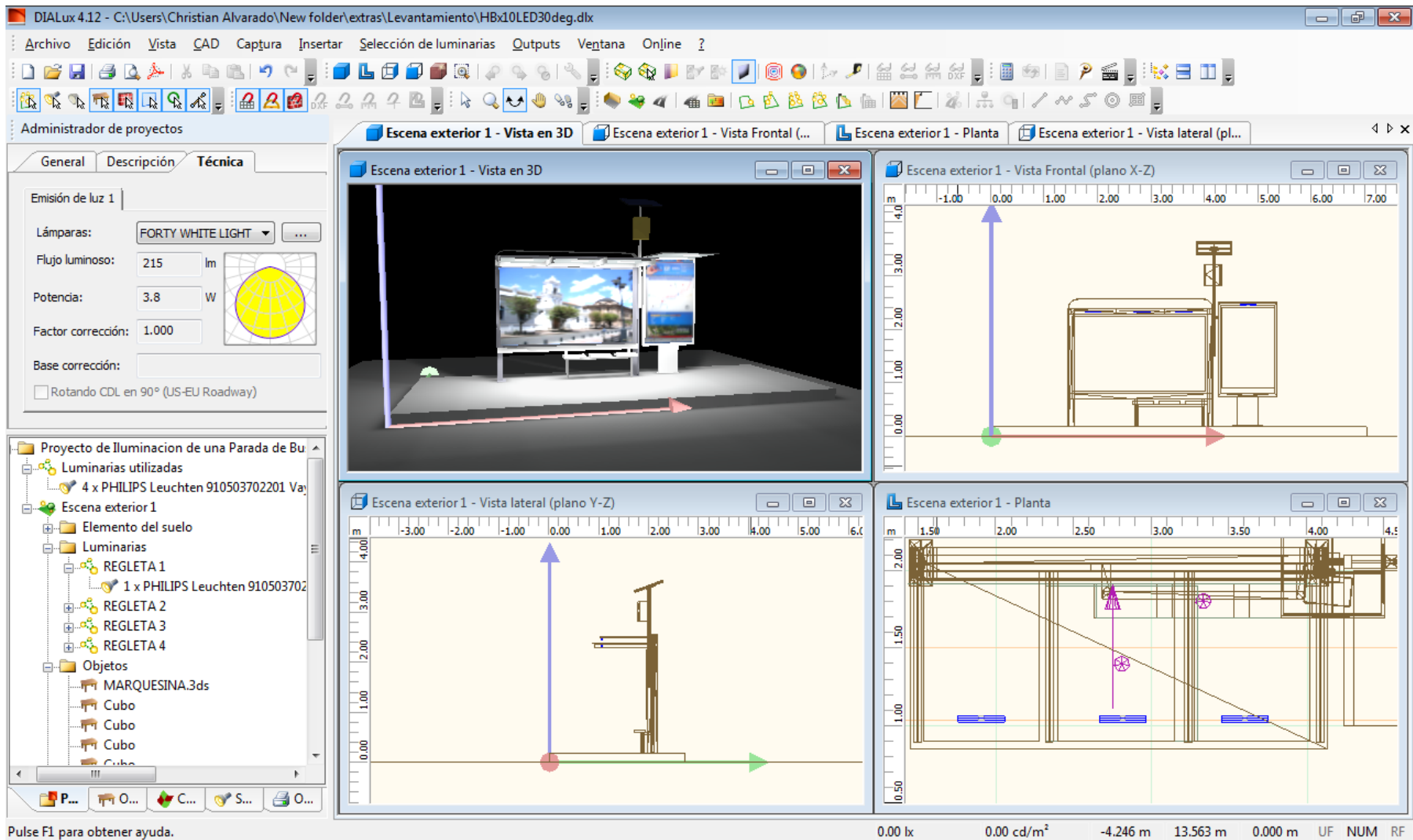


Figura 42. Simulación de un Sistema de Iluminación.

Un estudio detallado se puede realizar con DIALux, las siguientes graficas muestran algunas de las bondades de utilizar la simulación de un sistema lumínico antes realizar la construcción de un proyecto.

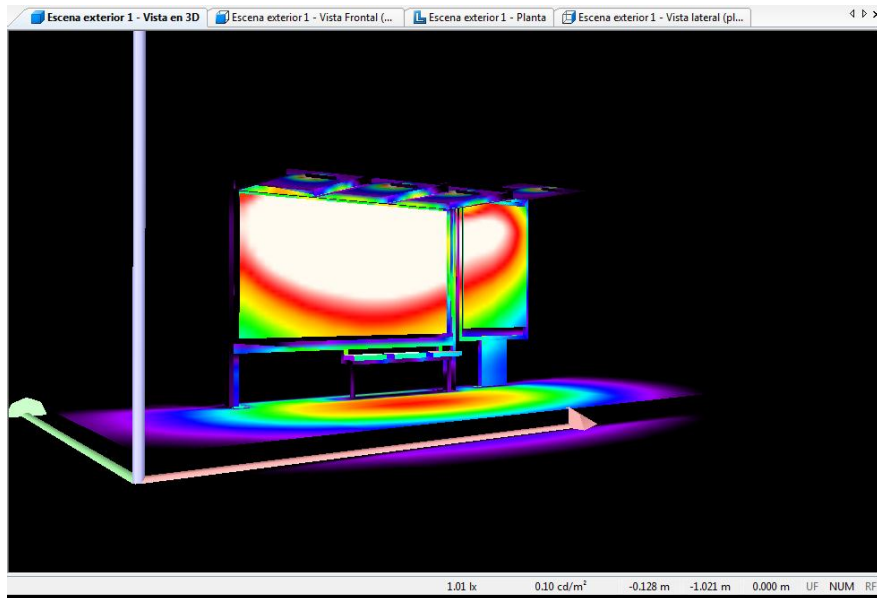


Figura 43. Representación en colores falsos.

La geometría, dimensiones de la estructura, inclinación, agrupación de luminarias y muchos parámetros más se pueden modificar con el fin de obtener los resultados que se ajusten a los requerimientos de iluminancias de una área de trabajo específica.

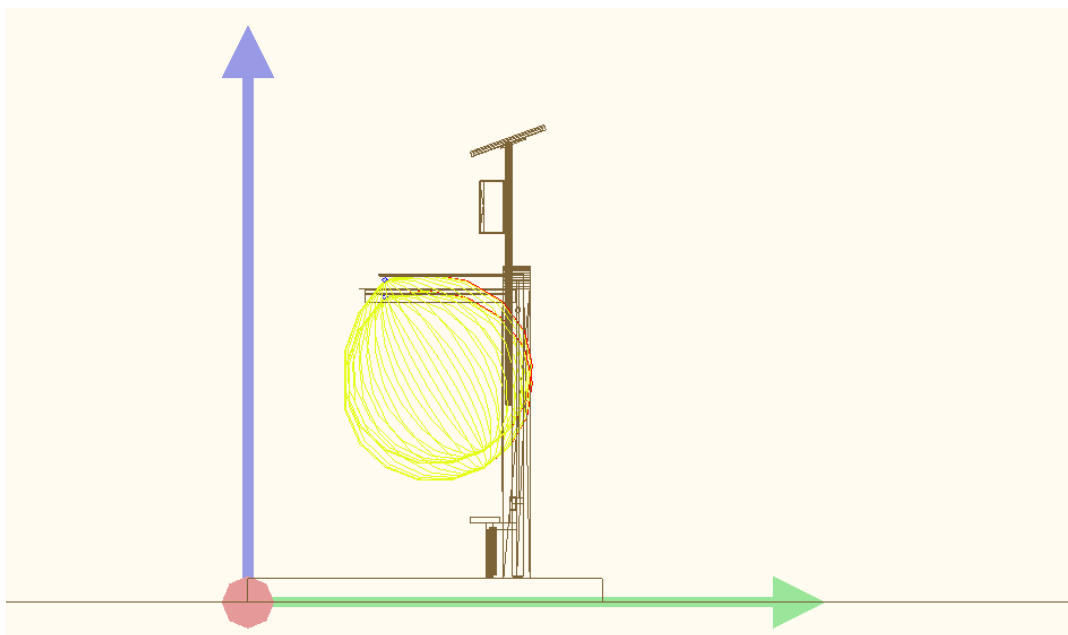


Figura 44. Vista Lateral de un Sistema de Iluminación.

A continuación se muestra el detalle de la ubicación, inclinación y agrupación de las luminarias a ser utilizadas:

Ubicación: Las luminarias estarán ubicadas sobre la estructura de aluminio que soporte el acrílico que hace de techo de la marquesina en sentido paralelo a los planos a ser iluminados como se aprecia en la figura 45.

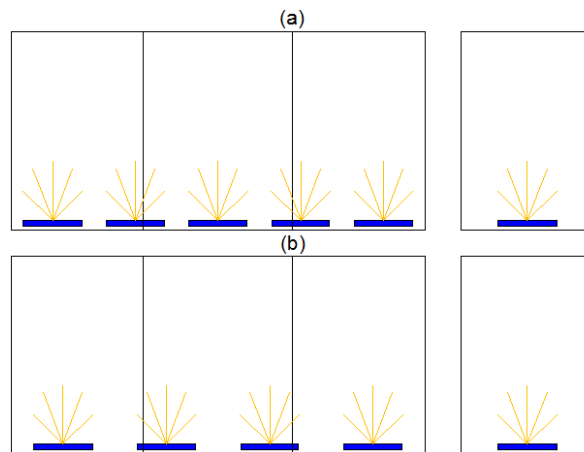


Figura 45. Ubicación de las luminarias para una distribución a) y b).

Orientación: El espacio físico del que se dispone para colocar las luminarias es bastante reducido, por este motivo se implementa una inclinación de 30° para obtener una mejor distribución de la iluminancia sobre los planos a ser iluminados.

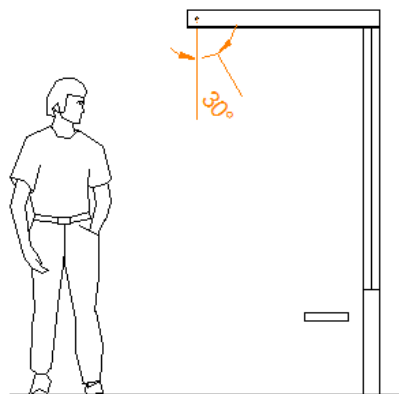











Figura 46. Inclinación de las luminarias.

Agrupación: Para obtener los resultados deseados se ha realizado la incorporación cuatro luminarias Philips SM440L I10xLED de las cuales se obtiene 215 lúmenes, con una potencia eléctrica de 3,8 W c/u.

La siguiente es la tabla de iluminancias y luminancias que se obtienen de la simulación:

Tabla 10. Iluminancias.

Iluminancias		
	50.00	lx
	44.38	lx
	38.75	lx
	33.13	lx
	27.50	lx
	21.88	lx
	16.25	lx
	10.63	lx
	5.00	lx

El rendimiento luminoso de cada luminaria es:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} = \frac{215[\text{lumen}]}{3,8[\text{watt}]} = 56,58 \text{ lumen}/W \quad (9)$$

El resultado obtenido de la simulación con DIALux es el siguiente:

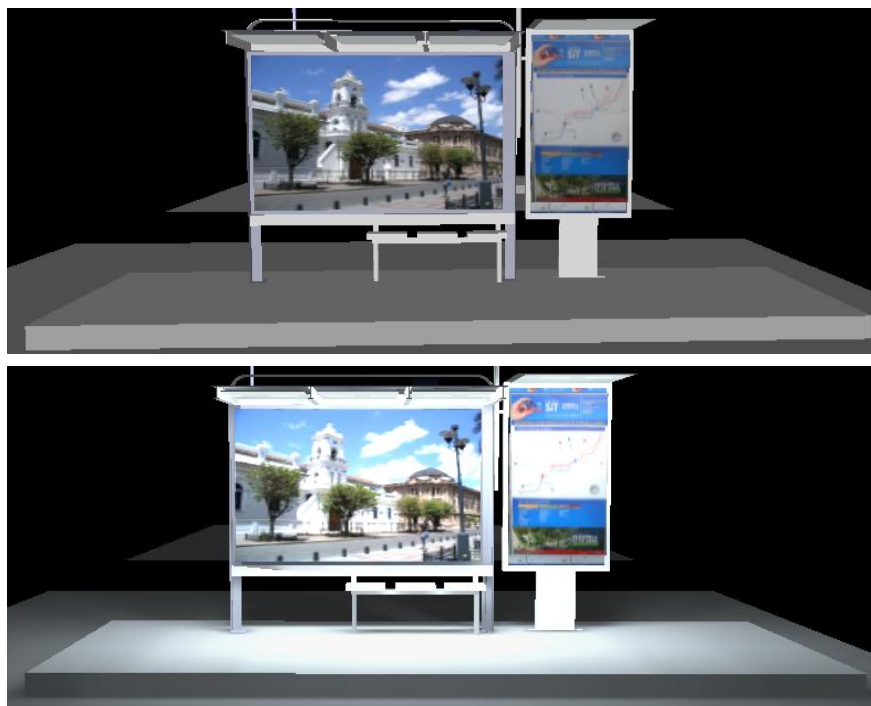


Figura 47. Simulación de sistema lumínico con DIALux.

2.4 Diseño del sistema de control autónomo.

Según el tipo de instalación se presentan características y perfiles de consumos diversos, los diseños de instalaciones solares fotovoltaicas sin conexión a red son dependientes del perfil de consumo y los cuales se detallan a continuación.

Con consumo constante a lo largo del día: Este tipo de instalaciones están conectados las 24 horas del día a los aparatos de consumo, por lo que su demanda es constante en el tiempo. Se los utiliza en sistemas de alarmas, sistemas de señalización, repetidores de radiofrecuencia, estaciones meteorológicas, etc.

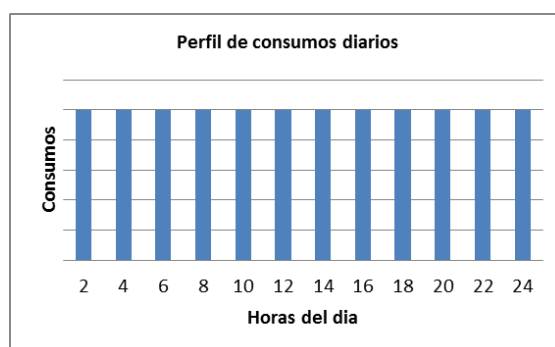


Figura 48. Representación del consumo en instalaciones de consumo constante.

De consumo mayoritariamente nocturno: Son instalaciones que dependen de las horas que dura la noche o de los requerimientos del proyecto. Comúnmente utilizados para alumbrado público, señalización de carreteras, señalización de navegación aérea, faros marinos, etc.

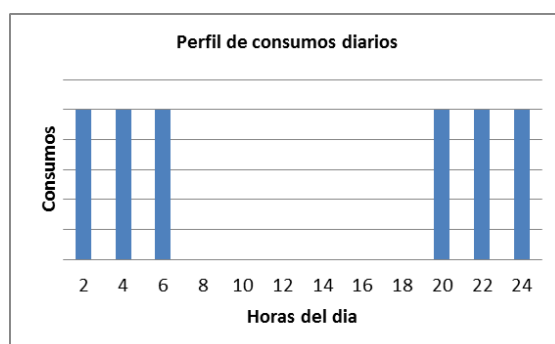


Figura 49. Consumo diario en una instalación nocturna.

De consumo diurno: Estas instalaciones están activas en instantes de máxima incidencia solar. Son utilizados en sistemas de bombeo de agua.

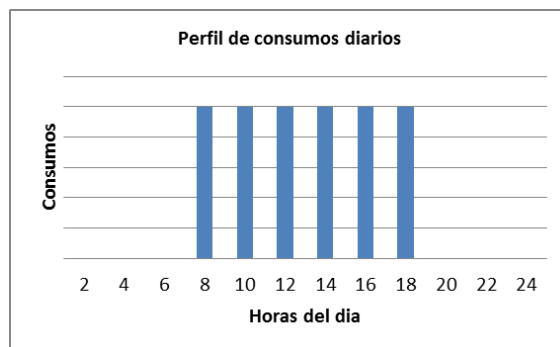


Figura 50. Gráfico de consumo de una instalación diurna.

Domésticas: Son instalaciones en las que se debe establecer adecuadamente el consumo en las diferentes horas del día, ya que se presentaran aparatos de consumo temporal como de consumo constante durante todas las horas del día. La aplicación de este tipo de instalaciones es la electrificación de viviendas aisladas.

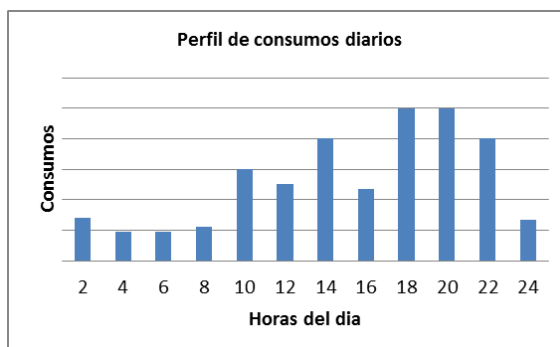


Figura 51. Consumo de una instalación en una vivienda.

Debido a la naturaleza de las cargas a ser alimentadas el circuito de control debe ser del tipo encendido/apagado (Control ON/OFF), con la particularidad que pueden ser activados en cualquier instante del día. Este se lo consigue mediante la utilización de un reloj o temporizador incorporado al mismo controlador, como se puede apreciar en el diagrama eléctrico de un controlador de iluminación de accionamiento solar.

El sistema de control autónomo está incluido dentro de las características de encendido y apagado que posee el controlador de iluminación de accionamiento solar.

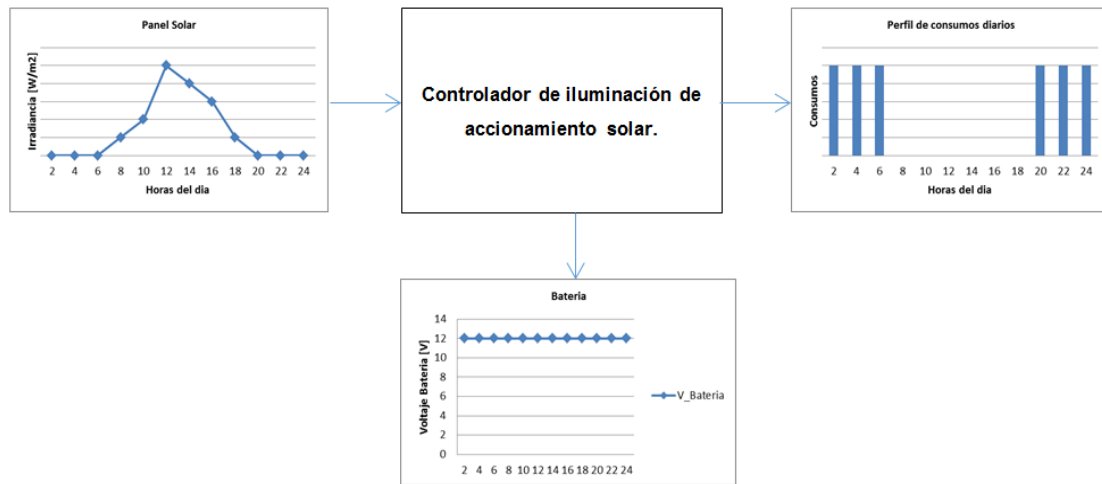


Figura 53. Sistema de control autónomo.

CAPÍTULO 3

3 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

Dado que la energía producida por un módulo fotovoltaico se calcula a partir de la irradiación solar o energía solar incidente, es posible definir diferentes capacidades del módulo para diferentes períodos temporales. Por ejemplo, si están disponibles las medias mensuales de radiación es posible calcular las respectivas capacidades mensuales de este. Es también muy común recurrir al denominado “**mes peor**”, siendo aquel con la peor relación de radiación incidente.

Para el caso de los datos suministrados por la NASA Surface meteorology and Solar Energy, para el año 2014 se puede verificar en el resumen de la tabla 11 que el mes peor corresponde al mes de junio a la vez que se observa que en el mes de noviembre se tiene el mejor índice de irradiación sobre los puntos geográficos de latitud y longitud.

Tabla 11. Radiación Solar Diaria horizontal año 2014 NASA.¹⁹

Mes (2014)	Radiación Solar Diaria [kWh/m ² /d]
Enero	4,39
Febrero	4,25
Marzo	4,45
Abril	4,33
Mayo	4,19
Junio	4,15
Julio	4,19
Agosto	4,49
Septiembre	4,55
Octubre	4,54
Noviembre	4,73
Diciembre	4,57

¹⁹ Datos tomados de <https://eosweb.larc.nasa.gov>

3.1 Análisis de parámetros meteorológicos solares

La cantidad de irradiación solar global o total que incide al día sobre los módulos solares, se expresa en kWh/m²/día o su equivalente en horas efectivas de Sol (HSP). Estos datos se pueden obtener de los archivos facilitados por la Universidad Politécnica Salesiana la cual incluye parámetros meteorológicos de temperatura, velocidad del viento y radiación solar de las distintas estaciones pertenecientes al Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), ubicadas en 16 diferentes puntos de la ciudad de Cuenca.

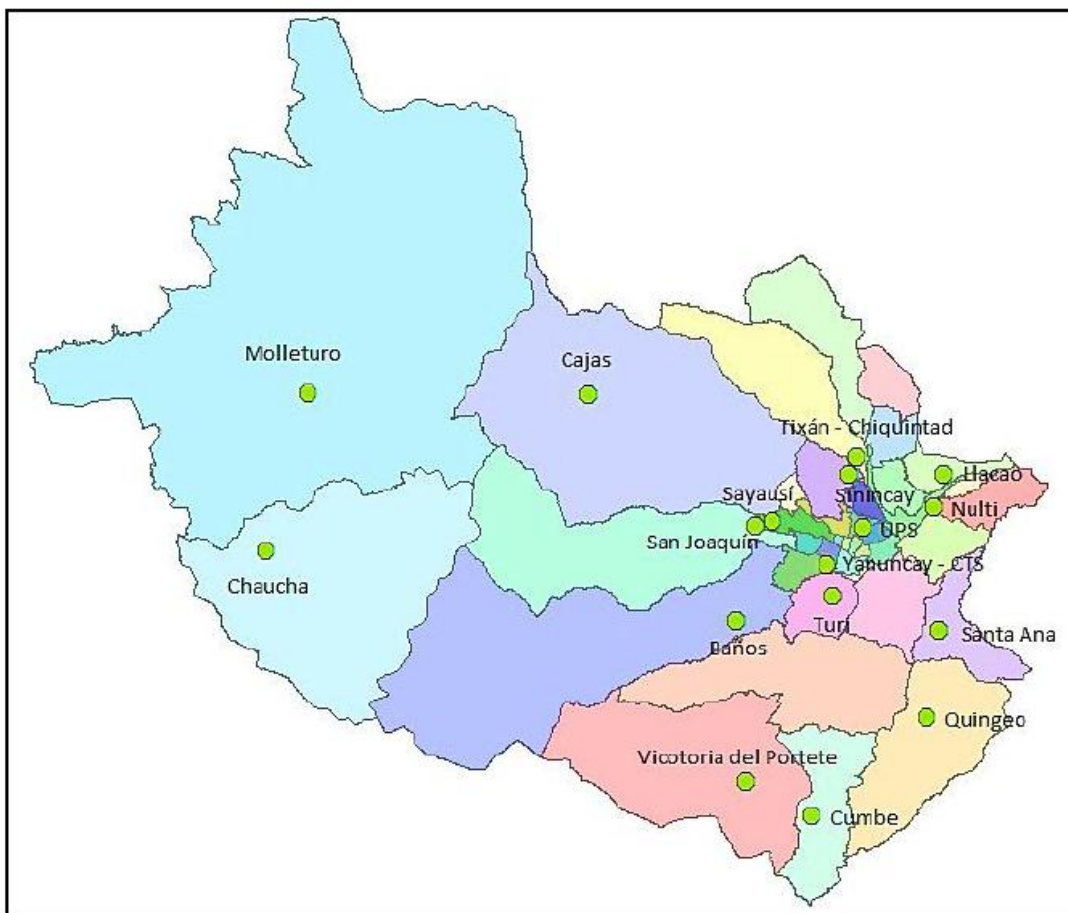
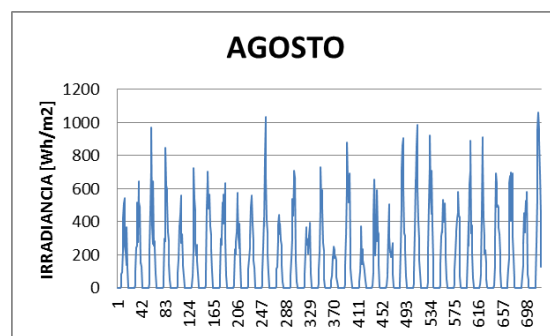
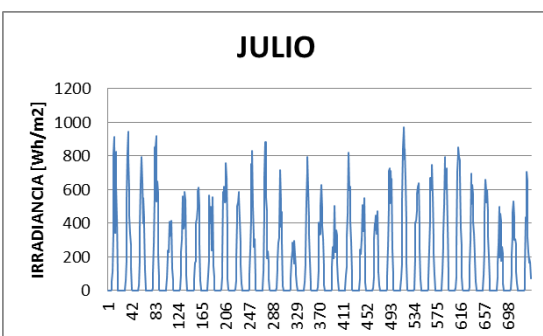
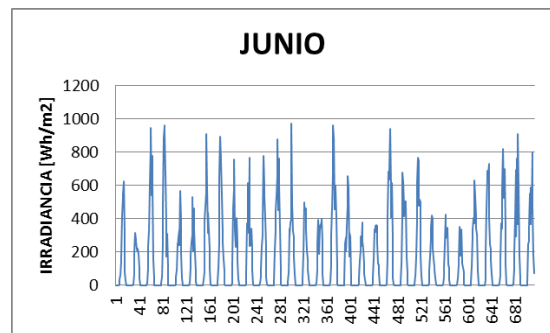
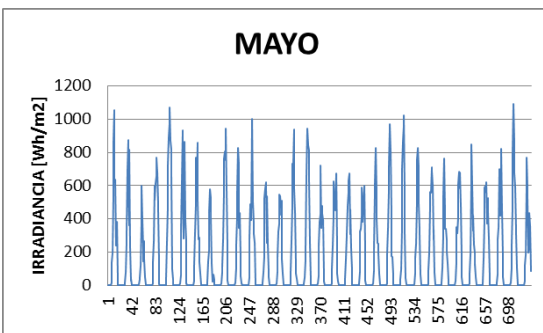
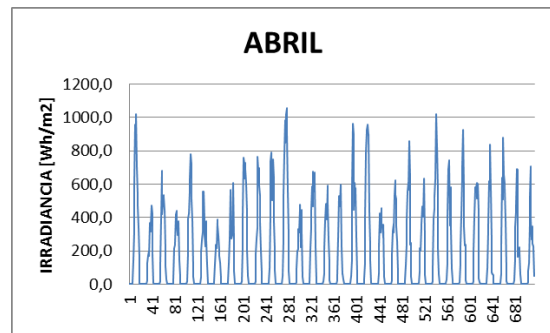
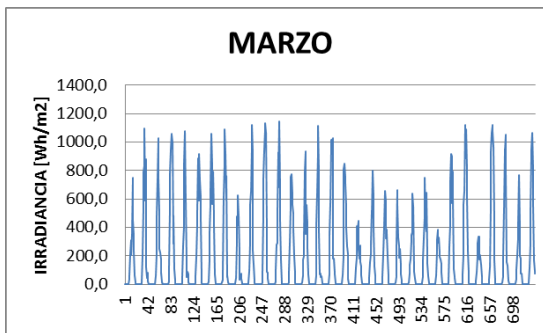
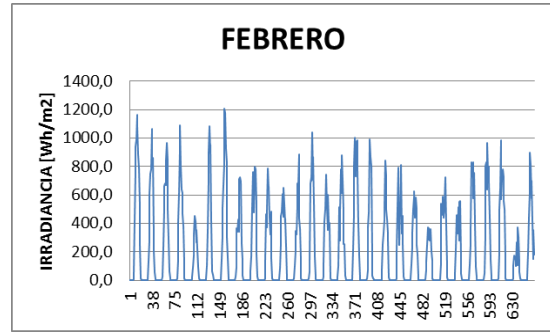
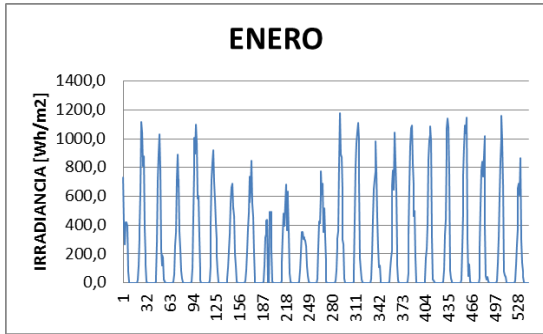


Figura 54. Distribución de Estaciones meteorológicas del INER. (Morocho & Rios, pág. 47)

Una de estas se encuentra en la sede de la UPS y de la cual se tendrá acceso para la obtención de los datos de radiación solar del año 2014-2015.

El procesamiento de estos datos será aplicado en la obtención de las HSP que se utilizarán en el dimensionamiento del presente proyecto.

La base de datos proporcionada para el año 2014 consta de 8760 muestras de irradiancia global promedio (SRGLOAVG1H). Las cuales son medidas con intervalos de una hora, inicia el 1 de enero y finaliza el 31 de diciembre, los resultados obtenidos se muestran en las gráficas mensuales de Irradiancia.



Continúa....

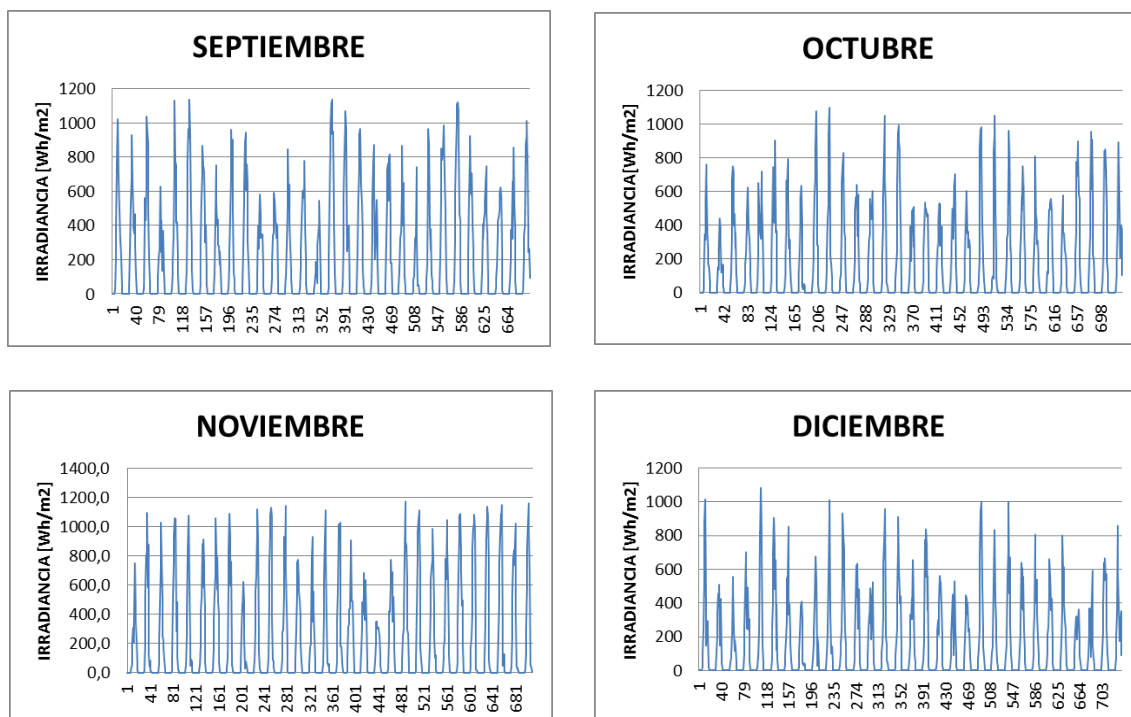


Figura 55. Irradiancia mensual medida en la Estación Meteorológica de la UPS.

Un tratamiento de los resultados de radiación solar ha sido filtrado en la Tesis “Estudio técnico para incorporar generación distribuida fotovoltaica en el sector residencial del cantón Cuenca”, tomando los siguientes resultados de la estación meteorológica ubicada en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. (Morocho & Rios, pág. 51)

Tabla 12. Promedio mensual de Radiación de la estación UPS.

	RADIACION SOLAR GLOBAL DIARIA PARA EL AÑO 2014 [kWh/m²/día]											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Prom	5119	5208	4486	4327	4444	3761	4183	3773	4916	4182	5336	4759
Máx	6915	7863	6532	7365	6929	5582	6409	5968	7957	6838	7900	7369
Mín	2649	1939	2048	2375	2425	1889	1951	1599	2319	1902	2660	2281

Los valores de radiación solar promedio obtenidos en la tabla 12 nos permiten concluir que el mes de junio del año 2014 la radiación fue la más baja de todo el año, coincidiendo estos resultados con los valores obtenidos en la tabla 11, motivo por el cual se tomara como referencia este mes para obtener las HSP que se aplicaran en el cálculo del proyecto.

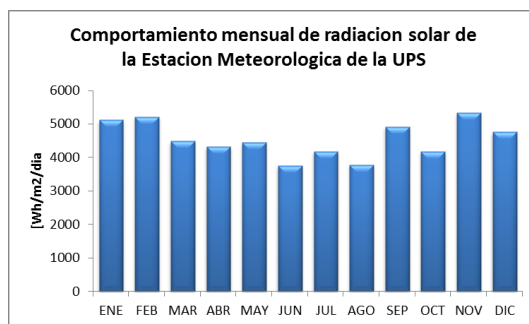


Figura 56. Radiación Solar - año 2014.

3.1.1 Estimación del valor de HSP para el “mes peor”

La información obtenida no es lo suficiente como para establecer un modelo estadístico aplicable a un valor de HSP, como se observa a continuación en las gráficas para los meses con menor y mayor radiación en el año 2014 respectivamente, se tiene unos picos de radiación que están por debajo de los 1000 W/m² que son las CEM para que un panel solar fotovoltaico pueda obtener su potencia nominal.

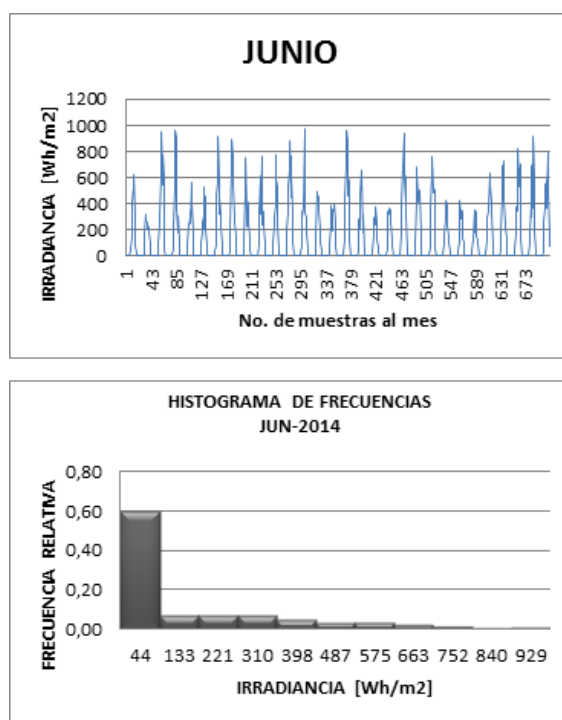


Figura 57. Irradiancia e histogramas de frecuencia para el mes de junio 2014.

Tabla 13. Calculo del histograma de frecuencias.

CLASE	L inf	L sup	mi	ni	Ni	fi	Fi
1	0	88,45	44	433	433	0,60	0,601
2	88,45	176,91	133	51	484	0,07	0,672
3	176,91	265,36	221	52	536	0,07	0,744
4	265,36	353,82	310	51	587	0,07	0,815
5	353,82	442,27	398	38	625	0,05	0,868
6	442,27	530,73	487	25	650	0,03	0,903
7	530,73	619,18	575	27	677	0,04	0,940
8	619,18	707,64	663	17	694	0,02	0,964
9	707,64	796,09	752	11	705	0,02	0,979
10	796,09	884,55	840	5	710	0,01	0,986
11	884,55	973,00	929	10	720	0,01	1,000

De la tabla 13 se establece que un 60% de las muestras obtenidas en el mes de junio no superan 88 Wh/m².

Por tal motivo se hara uso de los aportes instantaneos durante cada día del mes de junio para obtener las horas efectivas de Sol se tabula en la tabla 14.

Tabla 14. Estimación de la HSP para el mes peor.

JUNIO										
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kwh/m2/Dia	3,0	2,1	5,2	5,2	2,7	2,7	4,4	4,8	3,7	3,6
DIA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Kwh/m2/Dia	3,7	5,3	3,8	3,0	2,9	5,6	3,7	2,0	2,5	5,5
DIA	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Kwh/m2/Dia	4,4	4,5	2,4	2,4	1,9	3,8	4,5	4,6	4,6	4,4
PROMEDIO DE HSP EN EL MES DE JUNIO =3,98										

Este resultado nos indica que durante el mes de junio del año 2014, se obtuvo una radiación de 1000W/m² promedio durante 3,98 horas de cada día del mes.

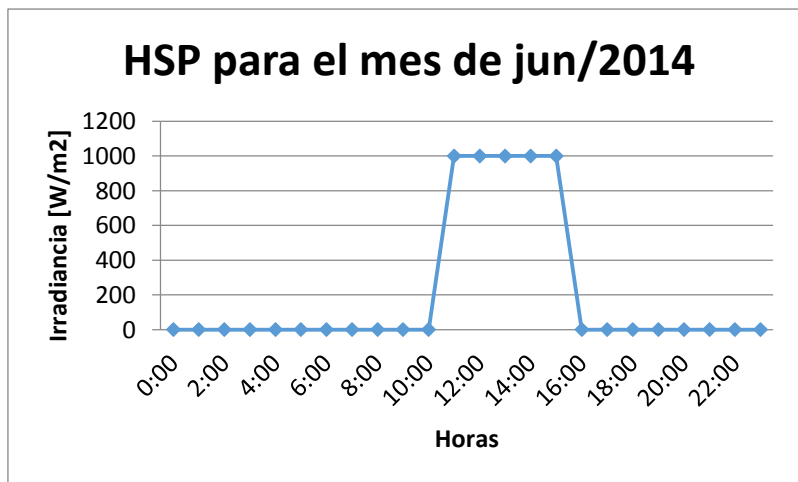


Figura 58. Horas efectivas de Sol.

3.1.2 Estimación del ángulo de inclinación según las coordenadas geográficas.

La estimación del ángulo óptimo de inclinación de un panel solar se analiza a partir de la ubicación geográfica en donde estará ubicado un SFA, las coordenadas de latitud y longitud de la ubicación del proyecto son fácilmente encontradas con la utilización de un sistema de posicionamiento Global (GPS) o por alguno de los diversos software existentes en internet.

Un largo y complejo análisis experimental fue realizado por los tesisistas de la Universidad Politécnico Salesiana con el fin de dejar establecido el ángulo óptimo de inclinación de un panel solar.

Tabla 15. Irradiación calculada de paneles Policristalinos. (Peña & Pinos, pág. 91)

Irradiación Calculada de Paneles Policristalinos			
Inclinación	Voltaje Max.	Temperatura	Irradiación
°	V	°C	Wh/m ² /día
Inclinación 0	17,41	21,9	366,552
Inclinación 5	17,97	21,9	525,667
Inclinación 5,7	16,81	21,9	227,747
Inclinación 10	19,40	22,2	1234,642
Inclinación 15	15,87	22,1	55,809
Inclinación 20	17,53	22,1	403,761

Analizando los datos de voltaje, temperatura, irradiancia y realizando los cálculos se determina que la mejor opción para una latitud de -2.88° y una longitud de -78.98° es un ángulo de inclinación es $\beta_{opt} = 10^\circ$. (Peña & Pinos, 2014)

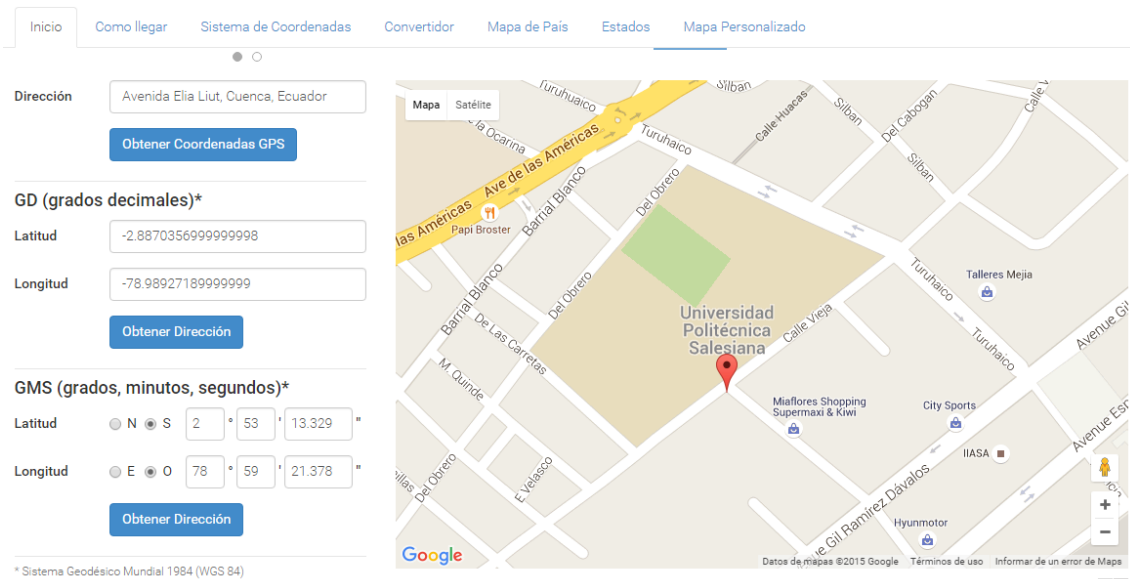


Figura 59. Latitud y longitud de la UPS.²⁰

3.2 Selección del panel fotovoltaico.

La carga a instalarse en el sistema de iluminación de una parada de buses estará compuesta por:

Caso 1:

- 5 luminarias LED strip de 3,8 W.
- Autoconsumo del controlador 0,108 W.

Caso 2:

- 6 luminarias LED strip de 3,8 W.
- Autoconsumo del controlador 0,108 W.

En este punto se puede suponer que un panel de 20 W cubriría cómodamente la demanda de potencia que requiere el sistema, esto no es del todo cierto ya que para el caso de dimensionamiento de paneles solares se debe considerar la energía que consume el sistema y la energía que es capaz de generar un panel solar por cada día tomando en cuenta las horas efectivas de Sol.

²⁰ Imagen tomada de <http://www.coordenadas-gps.com>

3.2.1 Dimensionamiento de un panel solar.

Se hará énfasis al dimensionamiento de paneles solares tratados en “Calculo de una instalación Aislada” (Pareja, pág. 65)

Calculo de la potencia máxima:

Caso 1:

- 5 luminarias LED tipo strip de 0,3167 A cada una con un funcionamiento de 4 horas al anochecer y 2 horas al amanecer.
- Autoconsumo de 9 mA generado por el SFA durante las 24 horas del día.

$$P_{max} = \sum cantidad \cdot horas \cdot P_{nombre_equipo} [Wh/d] \quad (10)$$

Tabla 16. Estimación del consumo de energía del SFA.

Equipo	Cantidad	Corriente	Voltaje	T. consumo	Potencia
Luminarias	5	0,3167	12	6	114,00
Autoconsumo	1	0,009	12	24	2,592
Carga Instalada [Wh/d]:					116,592

$$P_{max} = 116,592 [Wh/d]$$

Calculo del consumo máximo:

$$I_{ins_max} = \frac{P_{max}}{V_{bateria}} [Ah/d] \quad (11)$$

$$I_{ins_max} = \frac{116,592 Wh/d}{12 V} [Ah/d]$$

$$I_{ins_max} = 9,716 [Ah/d]$$

Se establece un margen de seguridad de 10%.

$$I_{max} = I_{ins_max} + I_{ins_max} \cdot 10\% = 1,1 \cdot I_{ins_max} [Ah/d] \quad (12)$$

$$I_{max} = 1,1 \cdot 9,716 [Ah/d]$$

$$I_{max} = 10,6876 [Ah/d]$$

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_x)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_d} \right] \quad (13)$$

Siendo:

K_T : pérdidas totales.

K_A : pérdidas debido a la autodescarga (0,5%).

K_B : pérdidas debidas al rendimiento de la batería (5-10%).

K_C : pérdidas debido al rendimiento del convertidor (5-20%).

K_R : pérdidas debidas al rendimiento del regulador (5-10%).

K_x : otras pérdidas no contempladas (5-20%).

D_{aut} : días de autonomía.

P_d : profundidad de descarga de la batería.

$$K_T = [1 - (0,05 + 0 + 0,1 + 0,15)] \cdot \left[1 - \frac{0,005 \cdot 1}{0,6}\right]$$

$$K_T = 0,69$$

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_T} [Ah/d] \quad (14)$$

$$C_{max} = \frac{10,6876}{0,69} [Ah/d]$$

$$C_{max} = 15,4 [Ah/d]$$

Calculo del número de paneles:

$$E_{panel} = I_{panel} \cdot HSP \cdot \eta_{panel} [Ah/d] \quad (15)$$

Siendo:

E_{panel} : energía generada por un panel solar

I_{panel} : corriente máxima del panel (dato de catálogo)

HSP: horas de suficiente radiación (se obtiene por estimaciones en estaciones meteorológicas)

η_{panel} : rendimiento del panel (85-95%)

Para un panel solar de 100 Wp se tiene una corriente máxima por catálogo de 5,71 A.

$$E_{panel} = 5,71 \cdot 4 \cdot 90\% [Ah/d]$$

$$E_{panel} = 20,56 [Ah/d]$$

Con estos valores de energía generada por los paneles se puede calcular el número de paneles en paralelo que puedan abastecer el consumo proyectado del sistema.

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{15,4}{20,56} \quad (16)$$

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = 0,75 \rightarrow 1 \text{ panel de } 100 \text{ W}$$

Calculo de la capacidad de la batería:

$$\frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_d} [Ah] = \frac{15,4 \cdot 1}{0,6} [Ah] \quad (17)$$

$$\frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_d} = 25,66 \text{ Ah}$$

Para una autonomía de 10 horas con una batería de 40 Ah, se debería consumir una corriente nominal de 4 A.

$$\frac{C_{bateria}}{C_{nominal_UCG45-12}} = \frac{25,66}{40} \quad (18)$$

$$\frac{C_{bateria}}{C_{nominal_UCG45-12}} = 0,6415 \rightarrow 1 \text{ bateria}$$

Caso 2:

- 6 luminarias LED tipo strip de 0,3167 A cada una con un funcionamiento de 4 horas al anochecer y 2 horas al amanecer.
- Autoconsumo de 9 mA generado por el SFA durante las 24 horas del día.

$$P_{max} = \sum \text{cantidad} \cdot \text{horas} \cdot P_{nombre_equipo} [Wh/d]$$

Equipo	Cantidad	Corriente	Voltaje	T. consumo	Potencia
Luminarias	6	0,3167	12	6	136,80
Autoconsumo	1	0,009	12	24	2,592
Carga Instalada [Wh/d]:					139,392

$$P_{max} = 139,392 \text{ [Wh/d]}$$

Calculo del consumo máximo:

$$I_{ins_max} = \frac{P_{max}}{V_{bateria}} \text{ [Ah/d]}$$

$$I_{ins_max} = \frac{139,392 \text{ Wh/d}}{12 \text{ V}} \text{ [Ah/d]}$$

$$I_{ins_max} = 11,616 \text{ [Ah/d]}$$

Se establece un margen de seguridad de 10%.

$$I_{max} = I_{ins_max} + I_{ins_max} \cdot 10\% = 1,1 \cdot I_{ins_max} \text{ [Ah/d]}$$

$$I_{max} = 1,1 \cdot 11,616 \text{ [Ah/d]}$$

$$I_{max} = 12,77 \text{ [Ah/d]}$$

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_x)] \cdot \left[1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_d} \right]$$

Siendo:

K_T : pérdidas totales.

K_A : pérdidas debido a la autodescarga (0,5%).

K_B : pérdidas debidas al rendimiento de la batería (5-10%).

K_C : pérdidas debido al rendimiento del convertidor (5-20%).

K_R : pérdidas debidas al rendimiento del regulador (5-10%).

K_x : otras pérdidas no contempladas (5-20%).

D_{aut} : días de autonomía.

P_d : profundidad de descarga de la batería.

$$K_T = [1 - (0,05 + 0 + 0,1 + 0,15)] \cdot \left[1 - \frac{0,005 \cdot 1}{0,6}\right]$$

$$K_T = 0,69$$

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_T} [Ah/d]$$

$$C_{max} = \frac{12,77}{0,69} [Ah/d]$$

$$C_{max} = 18,41 [Ah/d]$$

Calculo del número de paneles:

$$E_{panel} = I_{panel} \cdot HSP \cdot \eta_{panel} [Ah/d]$$

Siendo:

E_{panel} : energía generada por un panel solar

I_{panel} : corriente máxima del panel (dato de catálogo)

HSP: horas de suficiente radiación (se obtiene por estimaciones en estaciones meteorológicas)

η_{panel} : rendimiento del panel (85-95%)

Para un panel solar de 100 Wp se tiene una corriente máxima por catálogo de 5,71 A.

$$E_{panel} = 5,71 \cdot 4 \cdot 90\% [Ah/d]$$

$$E_{panel} = 20,56 [Ah/d]$$

Con estos valores de energía generada por los paneles se puede calcular el número de paneles en paralelo que puedan abastecer el consumo proyectado del sistema.

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{18,41}{20,56}$$

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = 0,895 \rightarrow 1 \text{ panel de } 100 \text{ W}$$

Calculo de la capacidad de la batería:

$$\frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_d} [Ah] = \frac{18,41 \cdot 1}{0,6} [Ah]$$

$$\frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_d} = 30,68 Ah$$

Para una autonomía de 10 horas con una batería de 40 Ah, se debería consumir una corriente nominal de 4 A.

$$\frac{C_{bateria}}{C_{nominal_UCG45-12}} = \frac{30,68}{40}$$

$$\frac{C_{bateria}}{C_{nominal_UCG45-12}} = 0,77 \rightarrow 1 \text{ bateria}$$

Concluyendo se puede hacer uso de un panel de 100 W policristalino y una batería con una capacidad de 40 Ah, para optimizar mejor los recursos se podría realizar el proyecto con 6 luminarias para aprovechar la generación del módulo y la autonomía de la batería.

3.2.2 Comparación de métodos de cálculo de paneles solares.

Otro método de dimensionamiento y cálculo de paneles solares es expuesto en resumen, mediante las siguientes gráficas para condiciones similares de carga instalada del SFA. El método comprende una hoja de cálculo de Excel utilizado en el "Manual de entrenamiento en sistemas solares fotovoltaicos de la Olade"²¹. El seminario introducción a las energías renovables dictado por el Msc. Edgar Barragán facilitó a los asistentes la hoja de cálculo que se utiliza a continuación para hacer un contraste con los valores obtenidos.

Carga	Equipo	Cantidad	Potencia [W]	H. Uso [h]	P. total [W]	Energía [Wh/día]
1	L. LEDs	6	3,8	6	22,8	136,8
2	Autoconsumo	1	0,108	24	0,108	2,592
					P_max [Wh/día]=	139,39

Figura 60. Detalle de las cargas del SFA.

²¹ (Organización Latinoamericana de Energía, 1995)

Datos generales:		
Voltaje de las cargas=	12	[V]
Margen de seguridad=	10%	Margen de seguridad
K_A=	0,50%	Perd. debidas a la autodescarga diaria de la bateria
K_B=	5%	Perd. debidas al rendimiento de la bateria
K_C=	0%	Perd. debidas al rendimiento del convertidor
K_R=	10%	Perd. debidas al rendimiento del regulador
K_x=	15%	Otras perd. (por el efecto joule, caidas de tension,etc)
D_aut=	1	Dias de autonomia de baja o nula insolacion
P_d=	60%	Profundidad de descarga
Datos de estacion meteorologica UPS (HSP):		
HSP	4	Horas de sol efectivas
Datos de modulos solares existentes en el mercado:		
Marca	EXMORK	
Rendimiento del panel=	90%	
Corriente maxima [A]	5,71	Isc (ficha tecnica)
Voltaje maximo [V]	22	Voc (ficha tecnica)
Datos de baterias existentes en el mercado:		
Marca	ULTRACELL	
Capacidad nominal [Ah]=	40,0	Capacidad de la bateria (ficha tecnica)
Voltaje nominal [V]=	12	Voltaje de la bateria (ficha tecnica)

Figura 61. Datos del fabricante del equipo de un Sistema Fotovoltaico.

RESULTADOS:		
I_max=	11,616	[Ah/dia]
I_max=	12,7776	[Ah/dia]
K_T=	0,6942	Total de Perdidas
C_max=	18,41	[Ah/dia]
E_panel=	20,56	[Ah/dia]
M_paralelo=	1,00	modulo
M_serie=	1	modulo
C_bateria=	30,68	[Ah]
B_paralelo=	1	bateria
B_serie=	1	bateria

Figura 62. Dimensionamiento del equipo de un Sistema Fotovoltaico.

3.3 Evaluación de generación del panel fotovoltaico mediante aplicaciones computacionales.

El software que seleccione para realizar nuestra programación en el presente proyecto es Matlab y se comprobara los resultados mediante una hoja de cálculo realizada por el autor del proyecto de tesis, realizare el cálculo de todos los parámetros necesarios que se necesitan conocer en un sistema fotovoltaico.

Combinando los datos que nos provee el fabricante de un panel (valores nominales, ver anexo número 2), se tiene:

- Corriente de cortocircuito I_{sc} .
- Voltaje a circuito abierto V_{oc} .
- Corriente máxima I_{mp} .
- Voltaje máximo V_{mp} .
- Rendimiento.
- Potencia pico (bajo CEM).
- Factor de forma.
- Curvas características.

El esquema eléctrico a implementarse se aprecia a continuación en la figura 63:

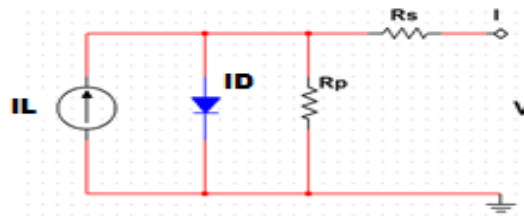


Figura 63. Modelo eléctrico de una celda solar.

$$I_L = I_D + I_{Rp} + I \quad (19)$$

$$I = I_L - I_{Rp} - I_D$$

$$I = I_L - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{V+I \cdot R_S}{\frac{k \cdot T}{e}}\right) - 1 \right] - \left(\frac{V+I \cdot R_S}{R_p}\right) \quad (20)$$

Tomando las ecuaciones (2.6) y (2.7) de Parametrización de Sistema Eléctricos. (Peña & Pinos, 2014)

$$I = \frac{I_{sc}}{1 - e^{-\frac{1}{b}}} \cdot \left[1 - e^{\left(\frac{v}{b \cdot V_{oc}} - \frac{1}{b}\right)} \right] \quad (21)$$

Y considerando que:

$$1 - e^{-\frac{1}{b}} \approx 1$$

Conociendo los valores nominales del panel se procede con el cálculo del voltaje a circuito abierto (V_{oc}) y la corriente de cortocircuito (I_{sc}):

Tabla 17. Datos del fabricante para una célula solar.

Datos del fabricante	
Temperatura CEM [°C]	25
Irradiancia CEM [W/m ²]	1000
AM CEM	1,5
Voc [V]	22
Isc[A]	6,14
Vmax [V]	17,5
I _{max} [V]	5,71
CTv[V/°C]	-0,33
Cti[A/°C]	0,05
Longitud celda[m]	0,073
Ancho celda [m]	0,073
# celdas	72
Longitud panel [m]	1,13
Ancho panel [m]	0,67
# paneles	1

$$V_{oc} = s \cdot \left[\frac{E_i}{E_{in}} \cdot TC_v \cdot (T_{cel} - T) + V_{max} - (V_{max} - V_{min}) \cdot e^{\left[\frac{E_i}{E_{in}} \cdot \ln \left[\frac{V_{max} - V_{oc}}{V_{max} - V_{min}} \right] \right]} \right]$$

(22)

Donde:

s: número de celdas conectadas en serie

E_i: irradiancia en el punto de análisis

E_{in}: irradiancia en CEM

TC_v: coeficiente de temperatura de V_{oc}

T_{cel}: temperatura de la célula

T: temperatura ambiente

V_{max}: 103% del voltaje a vacío

V_{min}: 85% del voltaje a vacío

$$I_{sc} = p \cdot \frac{E_i}{E_{in}} \cdot [I_{sc} + TC_i \cdot (T_{cel} - T)] \quad (23)$$

Donde:

p: número de celdas conectadas en paralelo

TC_i: coeficiente de temperatura de I_{sc}

Bajo condiciones estándar de medida se obtiene los siguientes resultados:

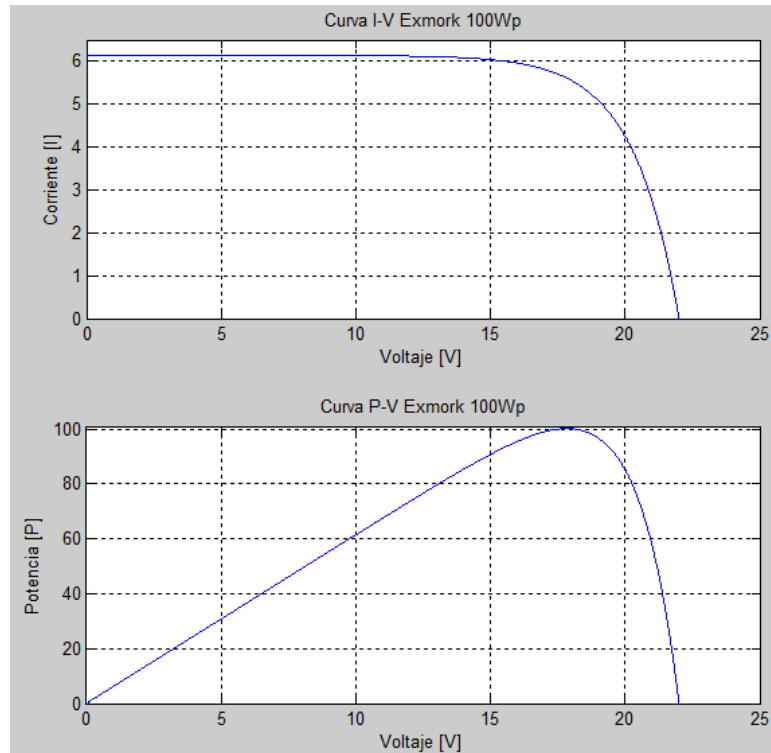


Figura 64. Curva i-v y p-v de un panel solar bajo CEM.

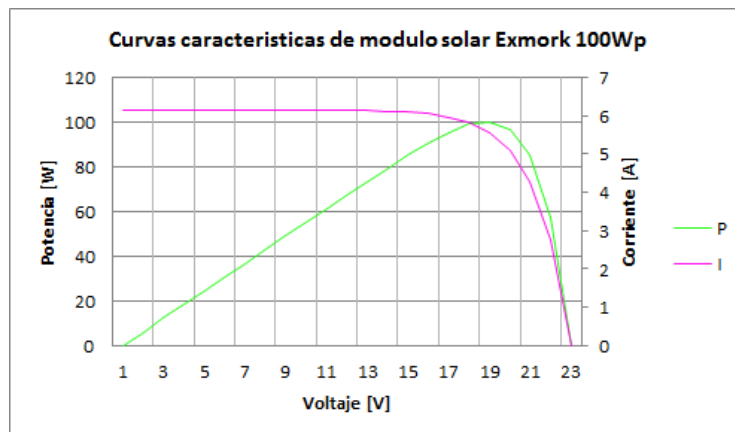


Figura 65. Curva característica de un módulo solar bajo CEM.

Estos resultados son obtenidos con irradiancia de 1000 W/m^2 , y una temperatura de la celda de 25° , considerándose una generación ideal del panel solar. Para el proyecto de iluminación de una parada de bus se aplica los valores medios de temperatura e irradiancia tomados de parametrización de Sistemas eléctricos fotovoltaicos. (Peña & Pinos, 2014)

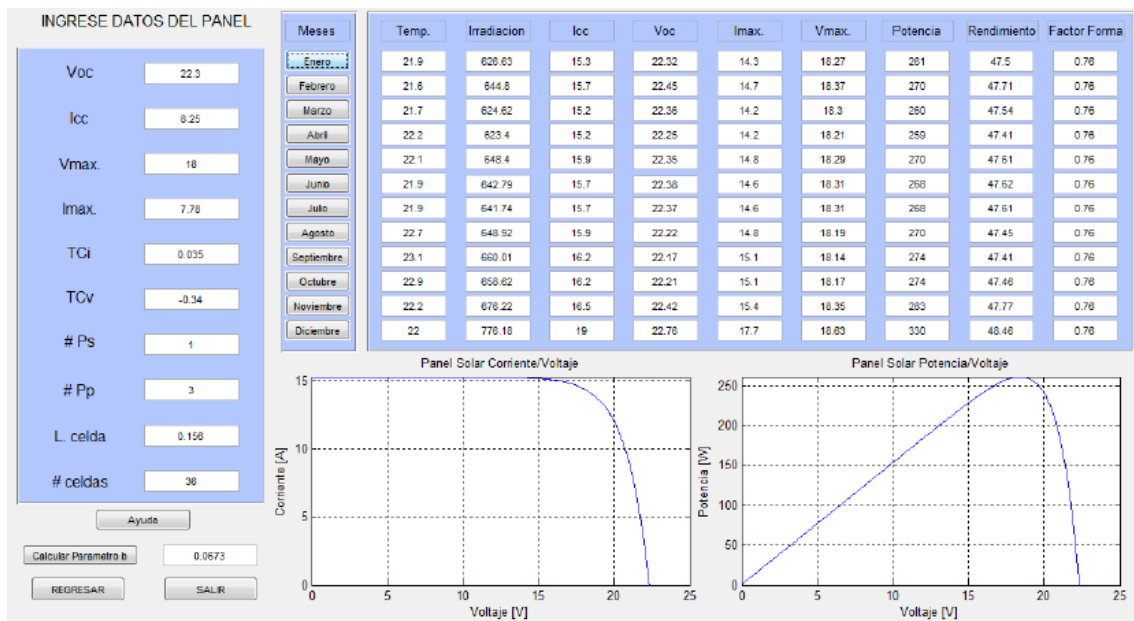


Figura 66. Resultados de paneles policristalinos. (Peña & Pinos, p. 100)

Por lo tanto para el mes de junio de 2014 en el cual se observa la menor radiación durante el año 2014, se obtiene los siguientes valores:

Tabla 18. Temperatura e irradiancia para el mes peor.

Temperatura [°C]	Irradiancia [W/m2/dia]
21,9	642,79

Se recalcula las curvas de corriente y potencia para los nuevos valores:

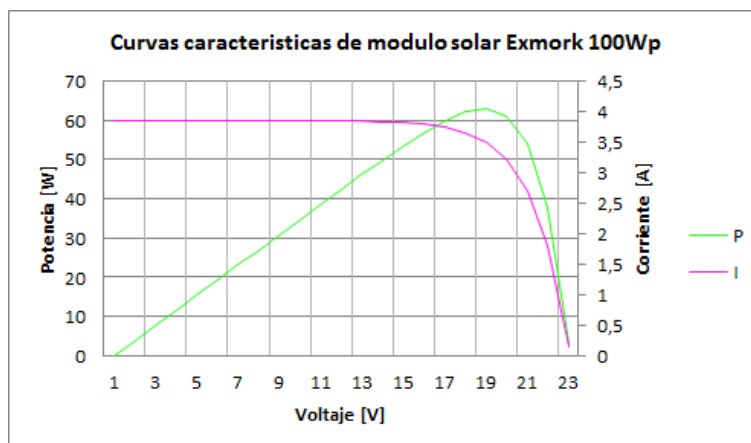


Figura 67. Curva característica de un módulo solar bajo condiciones presentes de temperatura e irradiancia.

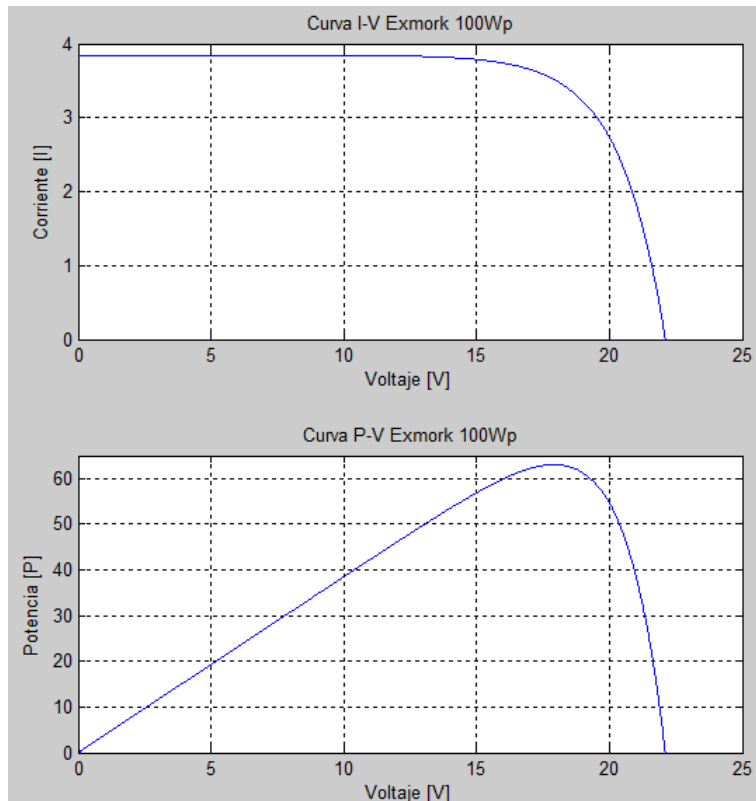


Figura 68. Curva i-v y p-v de un panel solar bajo condiciones presentes de temperatura e irradiancia.

La figura 67 y 68 muestran el comportamiento de la curva característica del panel solar bajo la influencia de las condiciones climáticas propias del sector en el que se ubica la Universidad Politécnica Salesiana.

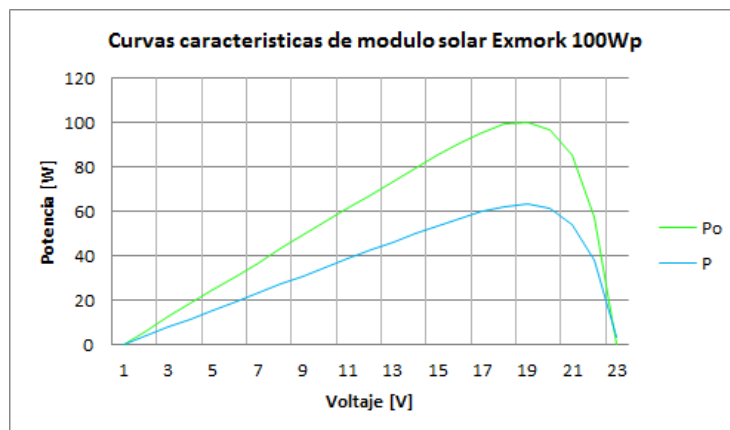


Figura 69. Efectos de la temperatura e irradiancia en la curva de potencia.

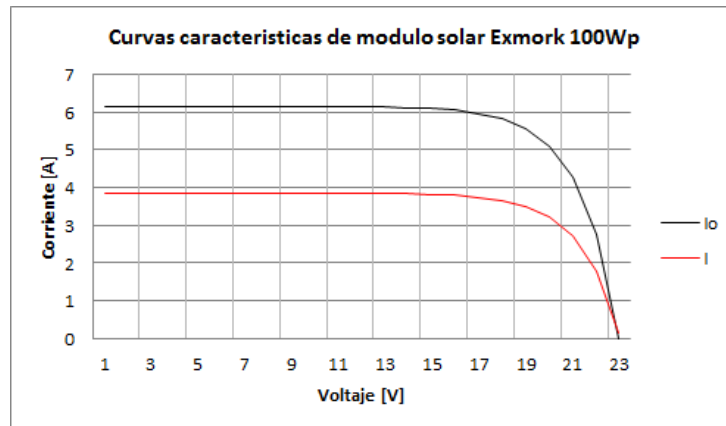


Figura 70. Efectos de la temperatura e irradiancia en la curva de corriente.

3.4 Implementación del Sistema de Iluminación autosustentado por energía fotovoltaica.

Una vez que se ha determinado los valores nominales de los equipos de un SFA, el siguiente paso es incluirlos a las luminarias y señalización con las cuales se estableció la carga instalada del sistema.

El cálculo de las protecciones utilizadas en el sistema eléctrico viene dado por: (Pareja, p. 120)

Fusible:

Al tratarse de instalaciones de corriente continua, se los conectara al conductor activo (+). Su misión será la de proteger el cableado, el panel, el regulador, la batería y a las cargas.

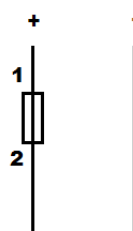


Figura 71. Disposición de fusible en el circuito.

- Entre el panel y el regulador, el valor de corriente en cortocircuito del generador es:

$$I_{fusible1} = I_{sc} \text{ del panel} \quad (24)$$

$$I_{sc} \text{ del panel} = \text{dato del fabricante}$$

$$I_{fusible1} = 6,14 A$$

- Entre el regulador y la batería, se tomara el valor de la corriente del regulador que estará dado por la corriente de campo fotovoltaico:

$$I_{fusible2} = I_{campo_fotovoltaico} \quad (25)$$

$$I_{fusible2} = I_{panel} \cdot 1,1$$

$$I_{fusible2} = 5,71 \cdot 1,1$$

$$I_{fusible2} = 6,28 A$$

- Y finalmente entre el regulador y la carga,

$$I_{fusible3} = \frac{Carga\ Instalada}{Voltaje\ del\ sistema} \quad (26)$$

$$I_{fusible3} = \frac{22,91 W}{12 A}$$

$$I_{fusible3} = 1,91 A$$

Interruptores termomagnéticos:

Al igual que los fusibles, se los conectara al conductor activo (+). Su misión será la de proteger el sistema y su dimensionamiento es igual que para un fusible.

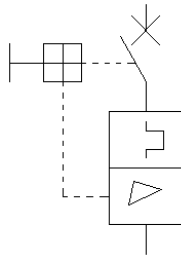


Figura 72. Símbolo termomagnético unipolar.

Para el cálculo de la sección de un cable (S) se debe conocer: el material (Cu o Al), conductividad (k), longitud (l), corriente (I) y la caída de tensión permisible en cada tramo (U).

Tramo panel – regulador:

$$U = \%PP \cdot V \quad (27)$$

$$U = \frac{3}{100} \cdot 12$$

$$U = 0,36 V$$

Sección del conductor:

$$S = 2 \cdot \frac{l \cdot I}{k \cdot U} \quad (28)$$

$$S = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 6,14}{56 \cdot 0,36}$$

$$S = 1,52 \text{ mm}^2 \text{ (#14 AWG)}$$

Tramo regulador – batería:

$$U = \%PP \cdot V$$

$$U = \frac{1}{100} \cdot 12$$

$$U = 0,12 V$$

Sección del conductor:

$$S = 2 \cdot \frac{l \cdot I}{k \cdot U}$$

$$S = 2 \cdot \frac{0,5 \cdot 6,28}{56 \cdot 0,12}$$

$$S = 0,93 \text{ mm}^2 \text{ (#16 AWG)}$$

Tramo regulador-equipos:

$$U = \%PP \cdot V$$

$$U = \frac{3}{100} \cdot 12$$

$$U = 0,36 V$$

Sección del conductor:

$$S = 2 \cdot \frac{l \cdot I}{k \cdot U}$$

$$S = 2 \cdot \frac{9 \cdot 1,91}{56 \cdot 0,36}$$

$$S = 1,7 \text{ mm}^2 \text{ (\#14 AWG)}$$

Se colocara un cable de calibre #14 AWG THW en los tres tramos que componen el circuito.

El circuito eléctrico que se utilizara en la construcción del sistema de iluminación autosustentable fotovoltaico para una parada de buses y su valla informativa estará compuesto de:

- Panel solar 100 [W]
- Controlador de iluminación de accionamiento solar 10 [A]
- Batería de gel para descargas profundas 45 [Ah]
- Regleta LED de luz blanca 12 [Vcd] y 3,8 [W], 6 unidades.
- Interruptor termomagnético 10 [A], 2 unidades y uno de 5[A].
- Cable #16 THW, 40 m.

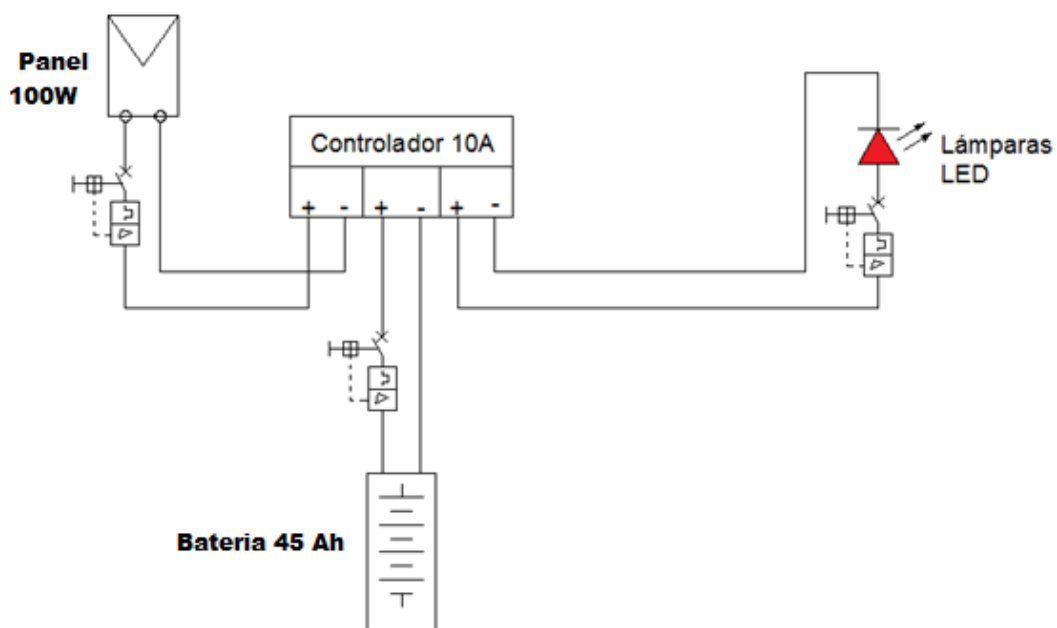


Figura 73. Esquema eléctrico del Sistema Fotovoltaico Autónomo.

CAPÍTULO 4

4 Prueba y análisis de resultados

Las energías renovables, por ser tecnologías en desarrollo son más costosas que las tradicionales, considerando esto en la Constitución de la República del Ecuador se expresa:

“Art.15. El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho del agua”.

“Art.413. El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua”.

Por su parte el Código Orgánico de Producción, Comercio e Inversiones (COPCI), enuncia:

“Art.4. Incentivar y regular la inversión privada”.

“Art. 96 y 100. El Estado podrá delegar a la iniciativa privada las inversiones en sectores estratégicos y la provisión de servicios públicos”.

La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) dentro del marco Plan del Buen Vivir, estimula y pretende:

“Incrementar la participación de las energías renovables;

“Las importaciones de derivados de petróleo deben reducirse al mínimo posible.

“Desarrollo de programas de uso eficiente de la energía”. (CONELEC, p. 11)

Con estos antecedentes el estudio, planificación y utilización de ERNC debe estar dentro de procesos eficientes, motivo por el cual todo estudio de electrificación con energías limpias debe incluir un análisis económico para determinar la factibilidad de la implementación de los sistemas fotovoltaicos.

4.1 Evaluación del sistema

La evaluación del sistema se realizó utilizando las mediciones observadas y capturadas para el mes con peor relación de generación del panel solar.



Figura 74. Medición de voltaje y corriente generado por el panel solar.

Los datos de generación y consumo fueron capturados a través de una tarjeta de adquisición de datos Arduino UNO, a través de sus entradas analógicas se tomó referencias de niveles de tensión y corriente del panel.

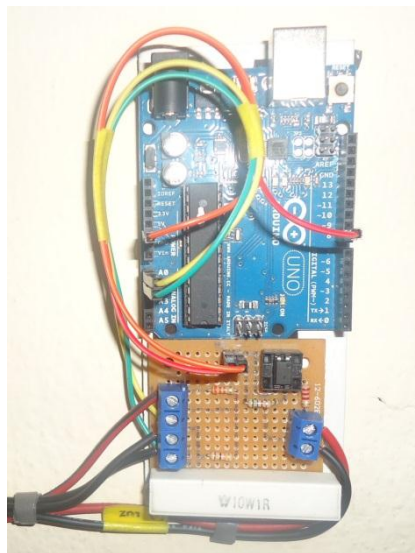


Figura 75. Tarjeta de adquisición de datos Arduino UNO.

Los niveles de tensión que manejan las entradas analógicas del Arduino es de +5 Vcc, motivo por el cual se procede a realizar un circuito divisor de tensión para obtener una entrada del circuito generador acorde al nivel de tensión.

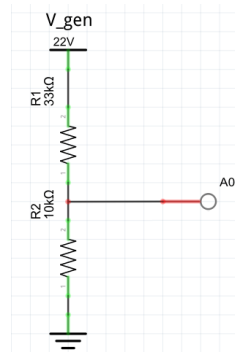


Figura 76. Divisor de tensión para la medición de tensión.

$$V_{A0} = V_{gen} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{A0} = 22 \frac{10K\Omega}{33K\Omega + 10K\Omega}$$

$$V_{A0} = 5,1 V$$

Por lo tanto se calcula la resolución:

$$Resolucion = \frac{V_{ref}}{2^n - 1}$$

Donde n es el número de bits (n=8)

$$Resolucion = \frac{5}{2^8 - 1}$$

$$Resolucion = 0,019608 V$$

La medición de corriente se la realiza mediante una resistencia de potencia que soportara toda la corriente que genere el panel, que a su vez también entregara una señal de tensión a la entrada analógica marcada como A1, la cual dividida por el valor de la resistencia del partidor nos entrega el valor de corriente que está suministrando el panel.

$$Resistencia_{potencia} = 1\Omega, 10 W$$

$$I_{gen} = \frac{V_{ref}}{1\Omega}$$

$$|I_{gen}| = |V_{ref}|$$

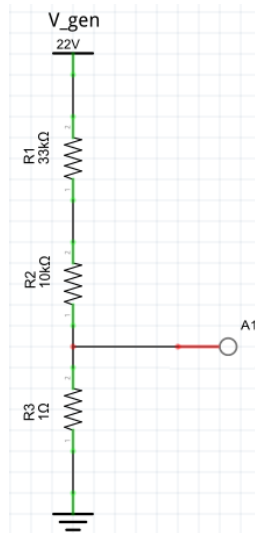


Figura 77. Divisor de tensión para la medición de corriente.

A continuación se muestra las medidas de tensión y corriente para el 20 de junio de 2015, con sus respectivos registros como son guardados en el Arduino UNO. Véase anexo 3.

Tabla 19. Relación de los valores almacenados en Arduino y voltajes-corrientes.

HORA	Pos_volt	V_gen [V]	Pos_volt	I_gen [A]
0:00	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0
7:00	142	11,91	2	0,07
8:00	143	11,98	4	0,32
9:00	143	11,98	12	0,97
10:00	143	11,99	18	1,38
11:00	143	11,99	24	1,88
12:00	144	12,08	24	2,00
13:00	144	12,10	30	2,44
14:00	145	12,20	22	1,69
15:00	145	12,20	18	1,38
16:00	145	12,20	10	0,79
17:00	145	12,20	6	0,44
18:00	145	12,20	4	0,20
19:00	0	0	0	0,0
20:00	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0

Un estimado mensual de la generación del panel solar está dado por los aportes en cada hora del día para ese mes en particular. Haciendo uso del

Anexo 3 incluido al final de este trabajo se tiene una estimación de generación promedio para el mes con más baja radiación solar.

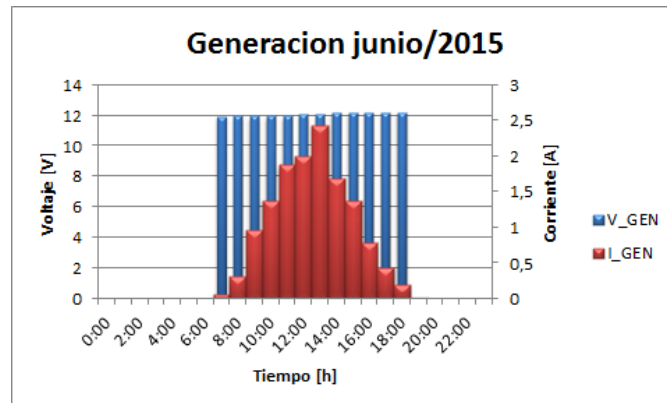


Figura 78. Voltaje y corriente del generador fotovoltaico para el mes de junio de 2015.

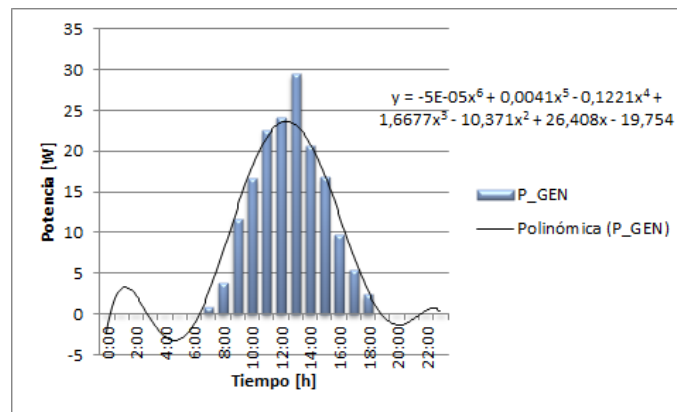


Figura 79. Potencia generada durante el mes de junio del 2015.

De la gráfica de potencia se puede observar que la generación mensual tiene una tendencia de una curva polinómica de grado 6:

$$P(t) = -0,00005 \cdot t^6 + 0,0041 \cdot t^5 - 0,1221 \cdot t^4 + 1,6677 \cdot t^3 - 10,371 \cdot t^2 + 26,408 \cdot t - 19,754$$

Aplicando la curva de potencia para el cálculo de la energía por día se obtiene:

$$E(t) = \int_0^{\infty} P(t) \cdot dt \quad (29)$$

$$E(t) = \int_7^{18} (-0,00005 \cdot t^6 + 0,0041 \cdot t^5 - 0,1221 \cdot t^4 + 1,6677 \cdot t^3 - 10,371 \cdot t^2 + 26,408 \cdot t - 19,754) \cdot dt$$

$$E(t) = 265,76 \left[Wh/dia \right]$$

Comparando con los datos obtenidos en la tabla 16 en la que se calcula la carga instalada se puede observar que el sistema tiene una generación que cubre la demanda del sistema para el mes de peor radiación solar.

Tabla 20. Demanda vs. Generación [Wh/día].

Demanda de energía	Energía Generada
139,39	265,76

4.2 Seguridad eléctrica en el sistema.

El funcionamiento de un sistema fotovoltaico supone la existencia de ciertas situaciones que pueden ser peligrosas para los operadores, consumidores o dañinas para los equipos. En términos generales, estas situaciones pueden ser analizadas con los conceptos y herramientas de uso común en la ingeniería eléctrica. No obstante la tecnología fotovoltaica merece un análisis especial desde el punto de vista de seguridad eléctrica.

Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano.

El efecto que produce la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano depende de su intensidad y del tiempo de duración, por encima de 500mA puede producir fibrilación muscular.

Protección de los Equipos.

A continuación se detallan los elementos de protección necesarios en instalaciones de corriente continua :

Fusible: El cortocircuito es un punto de trabajo no peligroso para el generador fotovoltaico, como medio de protección se recomienda incluir fusibles en cada conector activo. Por otra parte, el portafusible sirve como elemento de seccionamiento, facilitando las tareas de mantenimiento.

Para evitar cortocircuitos ocasionados por eventuales pérdidas de aislamiento en cables, es recomendable la conducción separada del positivo y del negativo.

En instalaciones fotovoltaicas suele emplearse la relación $I_n \geq 1,25 I_{sc}$ para evitar paradas innecesarias, siendo I_{sc} la corriente de cortocircuito de la rama asociada al fusible en cuestión.

Termomagnéticos: El rango de la tensión de operación está definido por la tensión en el punto de máxima potencia y tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico.



Figura 80. Disposición de Elementos de Protección.

En la figura 80 se muestra un ejemplo de una caja de protecciones situada a la salida de un generador fotovoltaico. Incluye un conjunto de interruptores termomagnéticos en cada rama en el polo positivo de cada tramo. (Perpiñan, 2014)

4.3 Tiempo de retorno de la inversión de sistemas fotovoltaicos aislados.

Los costos incurridos en el planeamiento y ejecución del diseño del sistema se detallan a continuación, con el objetivo de hacer las proyecciones del retorno de la inversión.

Para el análisis eficiencia es necesario conocer las pérdidas existentes de energía y sus respectivos costos, considerando que el precio del KW-h es de 40 centavos de dólar (\$0.40) para la energía generada por medios fotovoltaicos. (CONELEC, 2013)

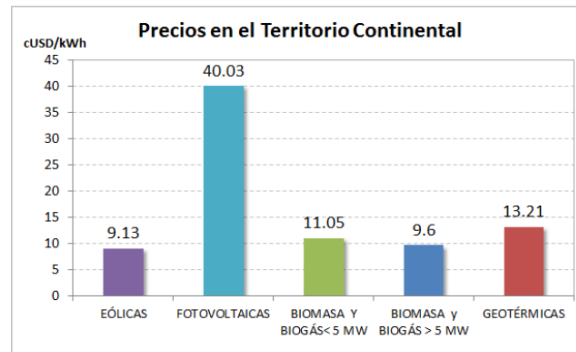


Figura 81. Precios en el Territorio Continental. (CONELEC, p. 19)

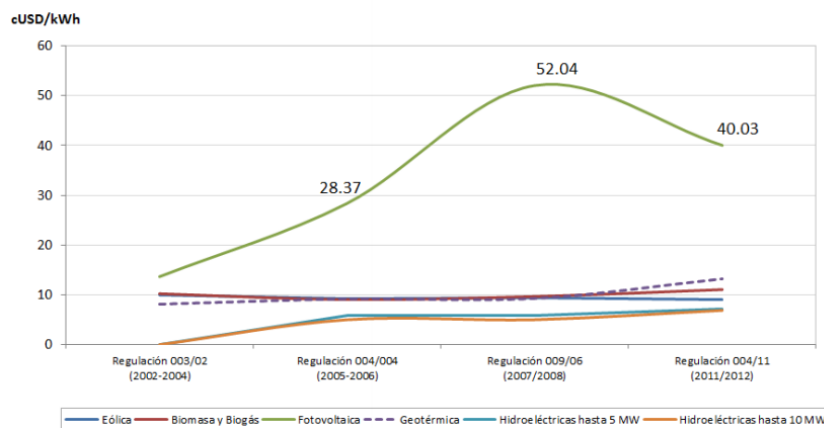


Figura 82. Evolución de los precios-Ecuador.

El panel solar en las condiciones de mínima radiación para el mes de junio analizado, tiene los siguientes valores de generación y producción de energía:

Tabla 21. Generación y Producción-2014.

Estimación de la Producción	
Precio del kWh:	\$ 0,40
Generación diaria: [Wh/día]	265,76
Generación diaria: [kWh/día]	0,26576
Ingreso diario: [\$]	\$ 0,106
Ingreso anual: [\$]	\$ 38,80,

El costo de la inversión inicial se detalla a continuación, con un costo por operación y mantenimiento estimado de 5% del valor de la inversión inicial.

Tabla 22. Costo total del Proyecto.

Descripción	Precio
<u>Materiales</u>	
Panel Solar	\$ 150,00
Controlador	\$ 100,00
Batería	\$ 200,00
Luminarias	\$ 90,00
Cable, termomagnéticos, gabinete	\$ 70,00
Soporte y accesorios	\$ 50,00
Subtotal	\$ 660,00
12%IVA	\$ 79,20
Total	\$ 739,20
<u>Diseño</u>	\$
<u>Montaje</u>	\$
Costo total del diseño	\$ 739,20

Tabla 23. Costo por Operación y Mantenimiento.

Costo mantenimiento anual (5%):	\$ 36,96
---------------------------------	----------

Aplicando el análisis del flujo neto de efectivo se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 24. Flujo neto de Efectivo.

Año de operación	Ingresos totales	Inversión para el proyecto		Flujo neto de efectivo
		Egresos totales	Costo fijo	
0	0	0	739,2	(739,20)
1	38,8	36,96		(737,36)
2	38,8	36,96		(735,52)
3	38,8	36,96		(733,68)
4	38,8	36,96		(731,84)
5	38,8	36,96		(730,00)
6	38,8	36,96		(728,16)
7	38,8	36,96		(726,32)
8	38,8	36,96		(724,48)
9	38,8	36,96		(722,64)
10	38,8	36,96		(720,80)
11	38,8	36,96		(718,96)
12	38,8	36,96		(717,12)
13	38,8	36,96		(715,28)
14	38,8	36,96		(713,44)
15	38,8	36,96		(711,60)

En las condiciones actuales el proyectó del sistema fotovoltaico no es viable debido a que la inversión inicial no se recupera, como se observa en el flujo neto de efectivo calculado para quince años de vida útil de un panel, el cual se presume que funcione bajo condiciones favorables y con correcto mantenimiento, la recuperación de la inversión es de apenas \$1,84 por año.

4.4 Análisis costo/beneficio.

El análisis costo/beneficio, es una técnica muy útil en la toma de decisión para el estudio de viabilidad de proyectos, determinando la conveniencia de la implementación de éste proyecto en términos monetarios.

El análisis se lo realizara para un periodo de 15 años, con una tasa de descuento del 7%.

Tabla 25. Datos para cálculo de VAN y TIR.

DATOS	VALORES
Numero de periodos	15
Tipo de periodo	anual
Tasa de descuento (i)	7%

Tabla 26. Flujo neto de efectivo.

DETALLE	PERIODOS ANUALES								
	0	1	2	3	4	5	6	7	
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-739,20	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84
	8	9	10	11	12	13	14	15	
	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	

Con este valor se puede calcular el valor actual neto (VAN), para los datos del flujo neto de efectivo que se maneja durante un periodo de tiempo de 15 años, ya que estos representan los años de vida útil de un panel solar.

Tabla 27. Cálculo manual y mediante Excel del VAN.

No.	FNE	$(i+1)^n$	$FNE/(i+1)^n$
0	-739,20		-739,20
1	1,84	1,07	1,72
2	1,84	1,14	1,61
3	1,84	1,23	1,50
4	1,84	1,31	1,40
5	1,84	1,40	1,31
6	1,84	1,50	1,23
7	1,84	1,61	1,15
8	1,84	1,72	1,07
9	1,84	1,84	1,00
10	1,84	1,97	0,94
11	1,84	2,10	0,87
12	1,84	2,25	0,82
13	1,84	2,41	0,76
14	1,84	2,58	0,71
15	1,84	2,76	0,67
TOTAL:			-722,44

VAN:	(\$ 722,44)
------	-------------

Aplicando la función de Excel **VNA (tasa;valor1;[valor2]...)**, se obtiene el mismo resultado del valor actual neto que el obtenido por el cálculo manual de la tabla 26.

Al aplicar el otro análisis financiero para una tasa de descuento variable, se establece el valor actual neto para diferentes tasas incluyendo la del 7%.

Tabla 28. Cálculo manual y mediante Excel de la TIR.

TASA	VAN
0%	(\$ 711,60)
5%	(\$ 720,10)
7%	(\$ 722,44)
15%	(\$ 728,44)
20%	(\$ 730,60)
25%	(\$ 732,10)
30%	(\$ 733,19)
35%	(\$ 734,00)
40%	(\$ 734,63)
45%	(\$ 735,13)
50%	(\$ 735,53)

55%	(\$ 735,86)
60%	(\$ 736,14)
TIR:	-27%

VAN (valor actualizado neto), permite calcular el valor actual de la inversión de flujos de caja futuras producidos por una inversión.

Condiciones en la toma de decisiones:

- VAN > 0; la inversión produce ganancias sobre la rentabilidad exigida, el proyecto se acepta.
- VAN < 0; la inversión no produce ganancias sobre la rentabilidad exigida, el proyecto no se acepta.
- VAN = 0; La inversión no produce ninguna ganancias ni pérdida alguna, dependerá del proyectista en aceptar o rechazar el proyecto.

TIR (tasa interna de rentabilidad), esta es el promedio geométrico del rendimiento futuro esperado de la inversión, representando el costo de oportunidad en el proyecto.

Condiciones en la toma de decisiones:

- Si el TIR > r; La razón del proyecto tiene una rentabilidad mayor de la rentabilidad mínima requerida el proyecto se acepta.
- Si el TIR < r; La razón del proyecto tiene una rentabilidad menor de la rentabilidad mínima requerida, el proyecto no se acepta.
- R B/C (razón beneficio/costo), es el punto de equilibrio para fijar el momento en que la empresa empieza a generar ganancias.

$$Razón = \frac{BeneficioTotales}{CostoTotales}$$

La implementación del proyecto iluminación utilizando un panel solar, según los indicadores no es beneficioso ni rentable, por sus altos costos en la implementación y su baja rentabilidad. (Pinos, 2015)

Conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones.

- ✓ Una vez que se inició el proyecto la finalidad de este era proveer de un adecuado nivel lumínico al espacio bajo la marquesina de una estación de una parada de buses del sistema integrado de transporte, se estableció que en este punto se debe tener unos mínimos de iluminancias que están entre 50 y 80 luxes, para la publicidad y plano de trabajo respectivamente, objetivo que se cumplió a cabalidad mediante la implementación de luminarias LED de alto brillo.
- ✓ La iluminación que se obtuvo fue previamente analizada con el propósito de obtener un prototipo del proyecto que se pueda ajustar a las estaciones en cualquier punto de la ciudad.
- ✓ El proyecto está provisto de luminarias de alto rendimiento lumínico como se observa en las simulaciones realizadas, las cuales se las escogió luego de asegurar su existencia en el medio y en los catálogos de la marca fabricante, se hace énfasis en este detalle debido a los resultados obtenidos al implementar luminarias económicas que se encontró en el mercado con buenos resultados al inicio de su vida útil cumpliendo con los objetivos planteados pero no así con su funcionamiento a medio y largo plazo. El reemplazo de las regletas LED se realizó debido a que en el transcurso de los 3 primeros meses estas luminarias empezaron a fallar al punto que algunas de estas terminaron con apenas 3 led encendidos de un total de 15 que conformaban cada una de las regletas.
- ✓ Uno de los mayores limitantes al momento de ubicar las regletas fue su espacio físico por lo que se realizó unas pequeñas bases de aluminio las cuales no implicaron daño en la estructura de la marquesina y brindaron la inclinación necesaria para obtener mejores resultados en la distribución del flujo luminoso, obteniendo un bajo impacto visual por la presencia de elementos y cableado que forman parte del proyecto.
- ✓ La ubicación del gabinete con el sistema de control que estaba previsto para estar ubicado bajo el techo de la marquesina debió ser modificado

para poder cumplir con la seguridad contra posibles robos o manipulación de los equipos eléctricos que se encuentran dentro del gabinete. Por consiguiente se optó por la incorporación de un mástil y una base metálica que harán de soporte y sujeción respectivamente para el equipo antes mencionado, se obtuvo los mejores resultados al fijar la base con una inclinación de 10° sobre la horizontal y en dirección norte como lo establece el ángulo óptimo para la ubicación de un panel solar.

- ✓ Las revisiones periódicas y mantenimiento al sistema de generación fotovoltaico muestran una influencia muy elevada de polvo sobre el panel, en vista de esto se concluye que el mantenimiento de toda instalación solar debe ser periódica para evitar disminución en la generación de energía de este y con esto obtener los niveles de generación para el cual fue proyectado.
- ✓ Los resultados de iluminación obtenidos provocaron un aumento en el tiempo de estancia bajo la marquesina que antes era utilizado solo para resguardarse de lluvias, en la actualidad los estudiantes y el público en general que transitan por este espacio tienen la posibilidad de realizar lectura de documentación escrita o digital con mayor comodidad. Además de que se mejoró la iluminación en los informativos de las rutas y líneas que transitan por el lugar las cuales se hayan expuestas en la valla informativa anexa a la marquesina.
- ✓ La implementación de un panel solar como fuente de generación pudo ser aplicado luego de un arduo y complejo filtrado de la base de datos de la estación meteorológica que posee la Universidad Politécnica Salesiana en conjunto con el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables en el edificio ubicado en la Calle Vieja y Elia Liut, la cual consta con información monitoreada cada 10 minutos de los valores de irradiancia global, directa y difusa, temperatura ambiente y velocidad de viento, los cuales fueron facilitados por la UPS para la estimación de las horas efectivas de Sol al día, resultado que permite proyectar un sistema fotovoltaico tomando la relación de baja radiación que se presente durante el periodo de análisis para nuestro caso se analizó el año 2014 obteniendo el mes de junio como el “mes peor”. Una

vez establecido el mes de baja radiación solar se obtuvo el valor de 4 HSP, que dicho de otra manera se tendrá una irradiancia equivalente a 1000 W/m^2 durante un periodo de 4 horas.

- ✓ Una vez realizado este análisis se los contrastó con estimaciones que se pueden obtener mediante diferentes programas o páginas web de estaciones meteorológicas, concluyendo que la estimación de la hora solar pico utilizada para el mes peor coinciden con los proporcionados por las mediciones de la NASA.
- ✓ La energía que se produce por efecto fotovoltaico tiene eficiencias que van desde 9 a 18% dependiendo de la fabricación de los cristales que lo conforman, por tal motivo la utilización de estos sistemas conlleva la agrupación de paneles en serie-paralelo que se ajusten a las necesidades y cumplan los requerimientos de tensión y corriente de diseño, en el presente diseño se realizó pruebas con dos tipos de generadores fotovoltaicos observándose que la generación máxima que puede darse es de aproximadamente un 60% de la potencia nominal para paneles de 50 y 100W, esto debido a las condiciones climáticas propias de la ciudad más específicamente de la Universidad.
- ✓ Al ser esta forma de generación dependiente del Sol está sometida a la variabilidad climática y estacional, razón por la cual un sistema estático como el que se propuso no se ajusta automáticamente a las nuevas condiciones estacionales por la ubicación del Sol, motivo por el cual aumentan las pérdidas por no tener una radiación perpendicular al panel durante todos los días o meses del año.
- ✓ El proyecto es totalmente autónomo y garantiza la generación de energía necesaria para la carga propuesta en el lapso de tiempo determinado bajo condiciones de normal funcionamiento, también su modelo y forma es totalmente adaptable a cualquier infraestructura similar para la que fue diseñada.
- ✓ Debido al costo inicial elevado este tipo de generación está protegido por el CONELEC con una tarifa preferencial que le permita recuperar la inversión realizada, con el objetivo promover la inversión e investigación se ha establecido en 0.40 USD/kWh.

Una vez concluido el presente diseño y construcción de un sistema de iluminación autosustentable fotovoltaico, se pudo observar algunos limitantes que imposibilitan la implementación de sistemas aislados para suministrar energía a pequeñas cargas.

- El espacio físico termina siendo muy reducido como para utilizar los métodos de iluminación de la mejor manera y así reducir el número de luminarias por consiguiente la potencia eléctrica que requiere un sistema.
- La tecnología LED aún tiene costos elevados en la fabricación de luminarias por lo que a la hora de seleccionar se debe balancear costo vs consumo eléctrico y por ende eficiencia luminosa.
- La inversión inicial de todo sistema fotovoltaico es elevado lo que no permite un retorno de la inversión dentro de la vida útil de un panel que esta entre 15 y 20 años.

Recomendaciones.

- ✓ De la experiencia adquirida se propondría elevar la altura de la marquesina para poder disponer las luminarias de forma que brinden la mayor eficiencia luminosa y no produzcan deslumbramiento a los usuarios por la presencia de un brillo excesivo en las superficies a iluminar.
- ✓ La implementación de sistemas de seguimiento solar son necesarios para aprovechar la máxima generación que puede brindar un panel, este punto se refiere a la obtención de la máxima potencia de generación a pesar de que estos sistemas involucran un aumento en el costo del sistema.
- ✓ Al momento de realizar el montaje de los paneles se tienen que comprobar su correcto funcionamiento, evaluando que el voltaje y la intensidad sean los que indica el fabricante en la hoja de especificaciones. Esto se hace debido a que es mucho más fácil comprobarlos antes de instalarlos y no una vez ya estén instalados, lo que nos permite detectar posibles fallos de funcionamiento.
- ✓ Para el mantenimiento, se tendría que hacer semestralmente con una inspección visual del generador y hacer una limpieza mensual si es necesario. Teniendo presente que la misma inclinación de los paneles favorece la auto limpieza con ayuda de la lluvia.
- ✓ Para usos futuros se recomienda el equipamiento de sistemas de seguridad, ya sean cámaras o terminales de intrusión para evitar pérdida de equipos, vandalismo o seguridad de usuarios. Para lo cual se determinará si la carga a incrementar antes de su implementación para conocer si es necesario o no el rediseño del equipo.
- ✓ Para terminar se recomienda el uso de sistemas fotovoltaicos aislados en lugares donde no sea factible la presencia de redes eléctricas, el sistema cumplió con los objetivos planteados desde el punto de vista lumínico no así con lo que respecta a la parte económica por lo que no se recomienda la implementación de sistemas aislados en los centros poblados debido a que no se logra obtener un retorno de la inversión inicial.

BIBLIOGRAFIA

- Avila, M. (2003). *Estudio de electrificación del sector Yaupi, utilizando paneles solares*. Cuenca.
- Barragan, E. (2014, 02 08). Seminario de Introduccion a las Energias Renovables. *Energia Solar Fotovoltaica*. Cuenca, Azuay, Ecuador: S/E.
- Carpio, F. (2005). *Diseño y construccion de un sistema que permita la independencia de la red electrica publica basado en un seguidor solar y panel fotovoltaico*. Cuenca.
- Carrasco, M. (2012). *Iluminacion fotovoltaica en paraderos para mejorar la accesibilidad al transporte publico*. Washington: Clean Air Institute.
- Castejon, A., & Santamaria, G. (2012). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid: Editex.
- CONELEC. (2013). *Energias Renovables no convencionales*. Retrieved from http://ecuador.ahk.de/fileadmin/ahk_ecuador/Uploads-Webseite/Dienstleistungen/Dokumente/Projekte/2013/Presentacion_CO NELEC.pdf
- Corporacion para la Investigacion Energetica. (2008, 08). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR*. Retrieved 11 04, 2014, from CONELEC: <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1792>
- Department of Finance and Administration. (2006). *Handbook of Cost-Benefit Analysis*. Financial Management Group.
- Diaz, T., & Carmona, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España, SL.
- Energy Market Authority. (n.d.). *Hand Book for Solar Photovoltaic Systems*. Retrieved from [www.bca.gov.sg: https://www.bca.gov.sg/publications/others/handbook_for_solar_pv_systems.pdf](https://www.bca.gov.sg/publications/others/handbook_for_solar_pv_systems.pdf)
- IAC. (2014, marzo). www.iac.es/otps. Retrieved from Instituto de Astrofisica de Canarias:

- http://www.iac.es/adjuntos/otpc/RESUMEN_DE_RECOMENDACIONES_2014.pdf
- INEN. (2008, 02 18). *http://www.normalizacion.gob.ec*. Retrieved from http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte_038_2008.pdf
- Mesa, A. (2008, diciembre 11). *Centro de Estudios de Energía y Tecnologías Ambientales*. Retrieved from www.uclv.edu.ec: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/diodos-aplicaciones/diodos-aplicaciones.pdf>
- Morgan, A. (2011, Marzo). *http://www.calpoly.edu/*. Retrieved from <http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1065&context=agbsp>
- Morocho, I., & Rios, K. (2014, Noviembre). *Estudio tecnico para incorporar generacion distribuida fotovoltaica en el sector residencial del canton Cuenca*. Retrieved from Repositorio Digital UPS: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7516>
- Organizacion de las Naciones Unidas. (2010, 04 23). *Protocolo de Kioto*. Retrieved 02 03, 2015, from UNFCCC: http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification.pdf
- Organización Latinoamericana de Energía. (1995). *Manual de entrenamiento en sistemas fotovoltaicos para electrificación rural*. Quito.
- OSRAM. (1979). *Manual de Luminotecnía*. Madrid: EDITORIAL DOSSAT S.A.
- Pareja, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica: Calculo de una instalación aislada*. Mexico: Marcombo.
- Peña, P., & Pinos, F. (2014, Octubre s/d). *Parametrización de los sistemas eléctricos fotovoltaicos*. Retrieved Febrero 01, 2015, from Repositorio Digital UPS: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7123>
- Perpiñan, O. (2014, Mayo). *Libro de Energía Solar fotovoltaica*. Retrieved enero 29, 2015, from <https://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf/>

- Pineda, J. (2014, Agosto). *UTP*. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4935/1/621472P649.pdf>
- Pinos, W. (2015, octubre). *www.ups.edu.ec*. Retrieved from Repositorio digital: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10514/1/UPS-CT005493.pdf>
- Ramon, A., & Pineda, R. (2015). *Análisis del rendimiento de los acumuladores de energía del sistema fotovoltaico existente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca*. Cuenca.
- Sustentable. (2008). *Definicion de Sustentable*. Retrieved 01 29, 2015, from Definicion: <http://definicion.de/sustentable/>
- Valentin, J. L. (2012). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Navarra: Donostiarra.
- Westinghouse Electric Corporation. (2000). *Manual del alumbrado*. Madrid: Inversiones Editoriales Dossat 2000 S.L.

ANEXOS

Anexo 1 Programa en matlab.

Command Prompt para el cálculo de las curvas características del panel solar

```
syms b
voc=22;
icc=3.07;
vmax=17.5;
imax=2.86;
resultado=((icc/(1-exp(-1/b)))*(1-exp((vmax/(b*voc))-(1/b))))-
    imax;
a=vpasolve(resultado,b)
pp=1;
Ei=642.79;
Ein=1000;
tci=0.05;
T=21.9;
TN=25;
icccalculado=pp*(Ei/Ein)*(icc+tci*(T-TN));
ps=1;
tcv=-0.35;
vmax1=1.03*voc;
vmin=0.85*voc;
voccalculado=ps*(Ei/Ein)*tcv*(T-TN)+ps*vmax1-ps*(vmax1-
    vmin)*(exp((Ei/Ein)*log((vmax1-voc)/(vmax1-vmin))));
imaxcalculado=icccalculado*(1-a+(a*exp(-1/a))/(1-exp(-1/a)))
vmaxcalculado=voccalculado+a*voccalculado*log(a-a*exp(-1/a))
acelda=0.073;
nceldas=72;
rendimiento=vmaxcalculado*imaxcalculado*100/(Ei*nceldas*acelda*acel
    da)
pmaxcalculado=vmaxcalculado*imaxcalculado
factorforma=pmaxcalculado/(voccalculado*icccalculado)
v=0:0.01:25;
I=(icccalculado/(1-exp(-1/a)))*(1-exp((v/(a*voccalculado))-(1/a)));
subplot(2,1,1);
plot(v,I);
axis([0 25 0 2]);
xlabel('Voltaje [V]');
ylabel('Corriente [I]');
title('Curva I-V Exmork 50Wp');
grid on;
subplot(2,1,2);
plot(v,v.*I);
axis([0 25 0 32]);
xlabel('Voltaje [V]');
ylabel('Potencia [P]');
title('Curva P-V Exmork 50Wp');
grid on;
```

Anexo 2 Simulación del Sistema Lumínico.

Proyecto de Iluminación de una Parada de Buses

Contratista:
Revisado por:
Cliente:
Fecha de entrega:

Fecha: 07.01.2016
Proyecto elaborado por: Christian Alvarado

AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Elia Llut

Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +503-995171422
Fax +503-72881084
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

Índice

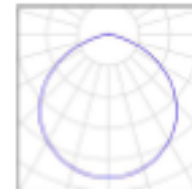
Proyecto de Iluminación de una Parada de Buses	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS Leuchten 910503702201 Vaya_Cove SM440L I 10xLED-HB/5000K 24...	
Hoja de datos de luminarias	4
SM440L I 10xLED-HB/5000K 24V CE, UL	
Diagrama de densidad lumínica	5
Escena exterior 1	
Superficies exteriores	
Publicidad	
Isolneas (E, perpendicular)	6
Rutas	
Isolneas (E, perpendicular)	7
Asiento	
Isolneas (E, perpendicular)	8
Area de trabajo	
Isolneas (E, perpendicular)	9
Piso	
Isolneas (E, perpendicular)	10

AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Elia Lut

Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +503-995171422
Fax +503-72861054
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

Proyecto de Iluminación de una Parada de Buses / Lista de luminarias

5 Pieza PHILIPS Leuchten 910503702201 Vaya_Cove
SM440L I 10xLED-HB/5000K 24V CE, UL
N° de artículo: 910503702201
Flujo luminoso (Luminaria): 217 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 215 lm
Potencia de las luminarias: 3.8 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 50 83 98 100 101
Lámpara: 40 x FORTY WHITE LIGHT EMITTING
DIO (Factor de corrección 1.000).



AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Eja Luján

Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +593-995171422
Fax +593-72881054
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

**PHILIPS Leuchten 910503702201 Vaya_Cove SM440L I 10xLED-HB/5000K 24V CE, UL /
Hoja de datos de luminarias**



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 50 83 96 100 101

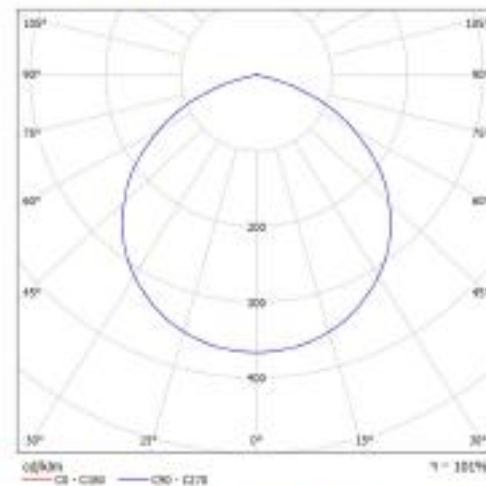
Lineare Weißlicht-LED-Leuchte (altweiß 5000K)
mit transparenter Abdeckung
Systemleistung: 3,75W
Farbe: Weiß
mit isoliertem, nicht dimmbarem Treiber

Ausstrahlungswinkel: 120°
Farbtemperatur: 5000K
Lichtstrom: 215lm
Wirkungsgrad (LOF): 100%
Farbwiedergebeindex: RA>90

Einfache Befestigung mit zwei Befestigungsclips aus Kunststoff
(Schrauben nicht enthalten)
Lieferung inkl. Erdern, nicht dimmbarem LED Treiber
Lebensdauer: 50.000 Stunden (bei 70% Lichtstromabfall bei
T_a=25°C)

Schutzklasse I, Schutzart IP 20, F-Zeichen, CE-Zeichen

Emission de luz 1:



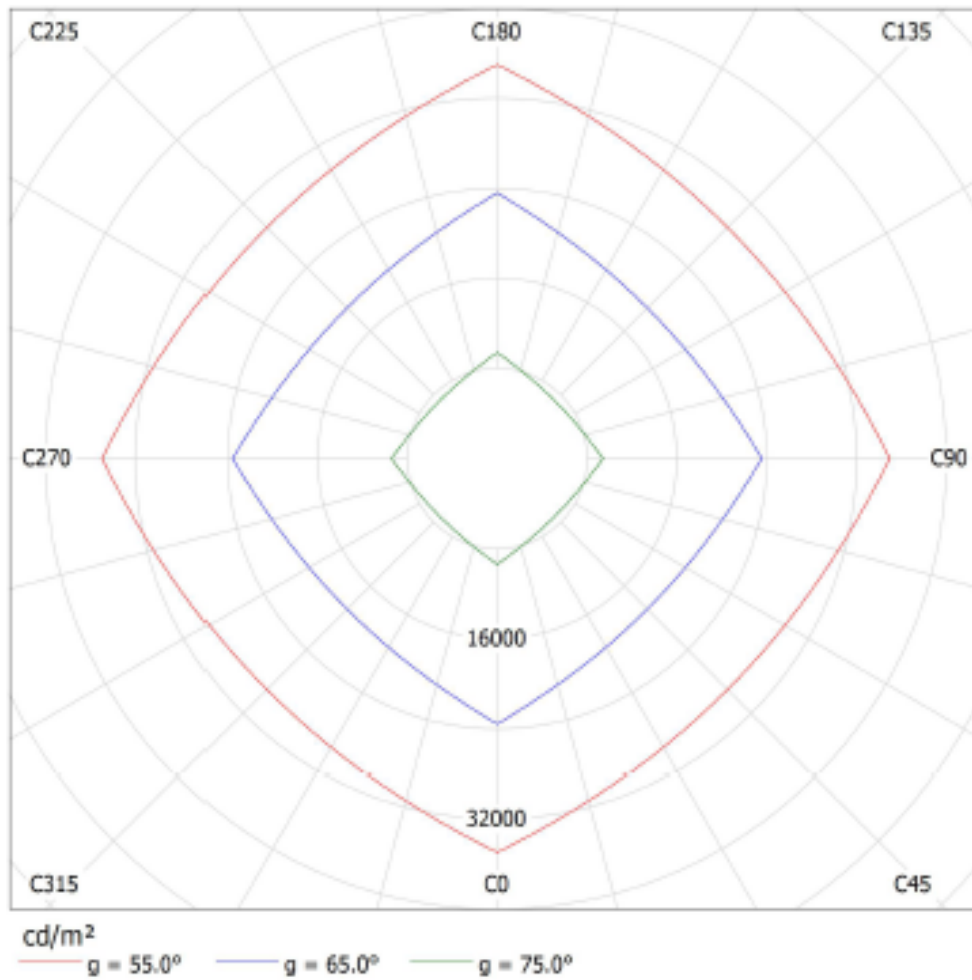
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Elís Llut

Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +503-695171422
Fax +503-72881084
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

**PHILIPS Leuchten 910503702201 Vaya_Cove SM440L I 10xLED-HB/5000K 24V CE, UL /
Diagrama de densidad luminica**

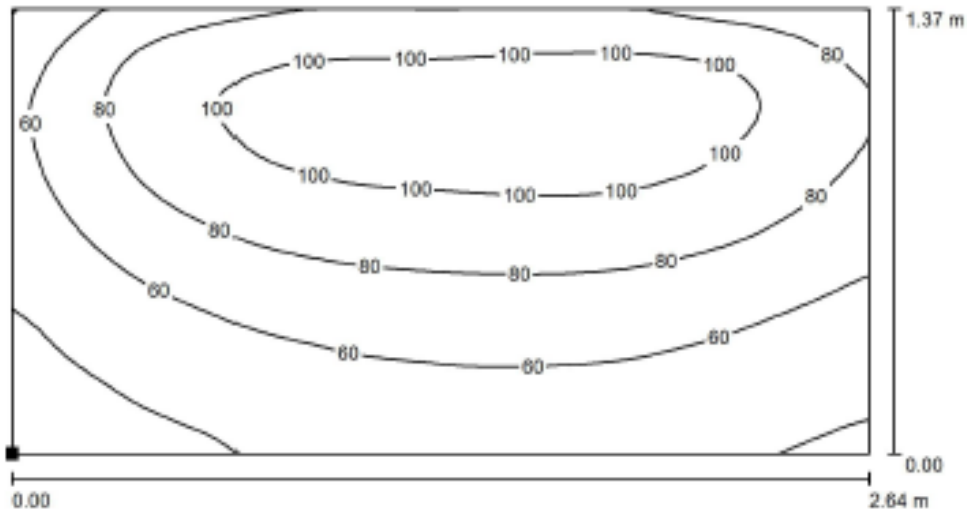
Luminaria: PHILIPS Leuchten 910503702201 Vaya_Cove SM440L I 10xLED-HB/5000K 24V CE, UL
Lámparas: 40 x FORTY WHITE LIGHT EMITTING DIO



AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Elia Llut

Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +503-995171422
Fax +503-72881084
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

Escena exterior 1 / Publicidad / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 19

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(1.429 m, 1.913 m, 0.863 m)



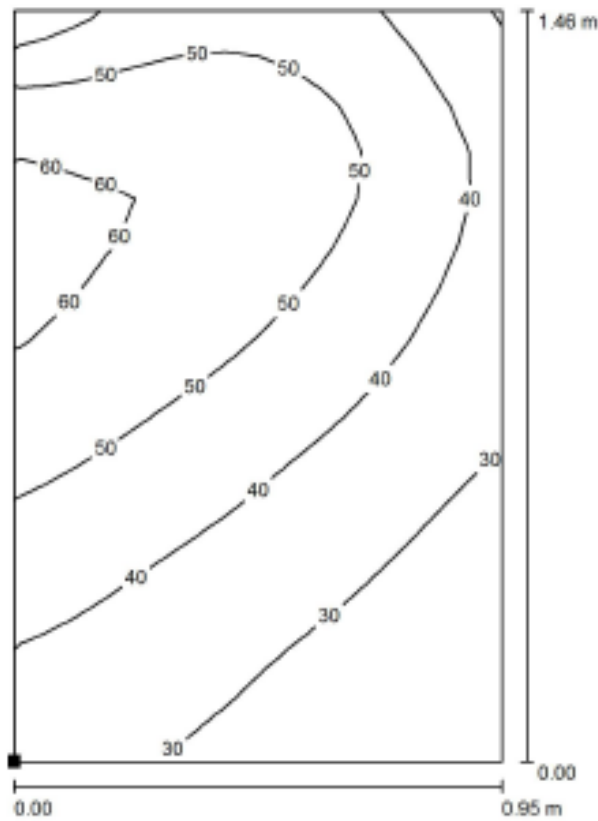
Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
75	28	113	0.373	0.246

AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Elia Luján

Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +593-995171422
Fax +593-72981084
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

Escena exterior 1 / Rutas / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 12

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(4.315 m, 2.000 m, 0.900 m)



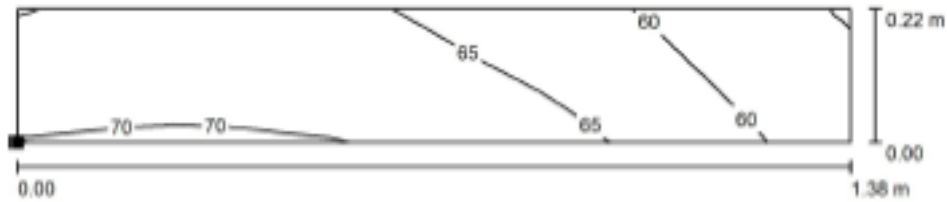
Trama: 16 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
43	20	63	0.477	0.323

AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Elia Llut

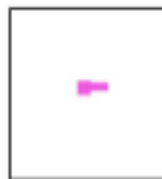
Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +593-995171422
Fax +593-72881084
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

Escena exterior 1 / Asiento / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 10

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(2.643 m, 1.695 m, 0.672 m)



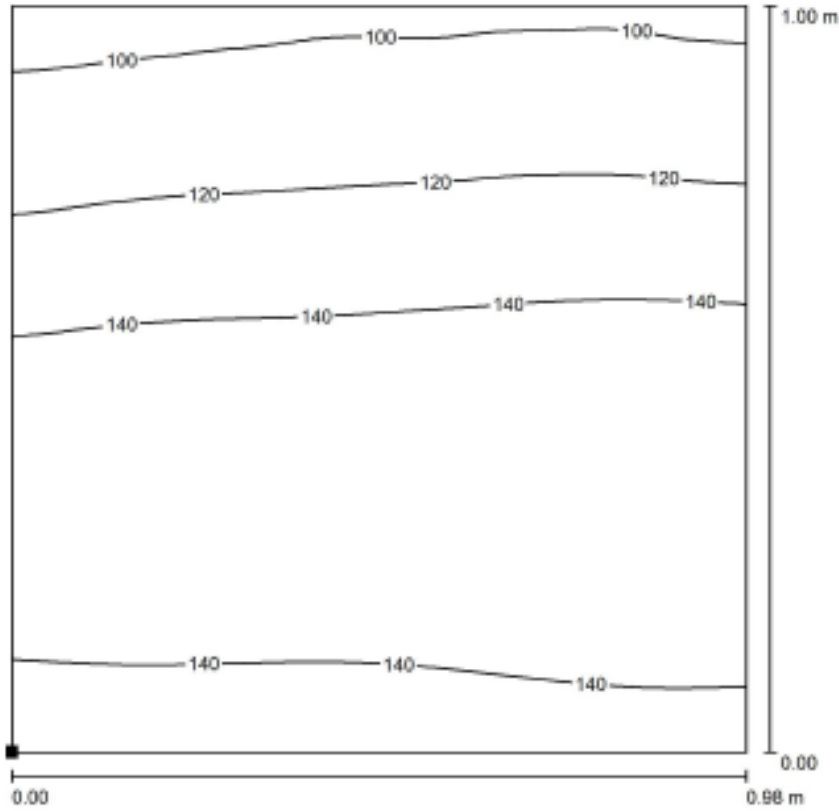
Trama: 16 x 4 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
65	55	71	0.849	0.779

AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Elie Luján

Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +593-995171422
Fax +593-72881084
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

Escena exterior 1 / Area de trabajo / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 8

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(2.314 m, 0.897 m, 1.400 m)



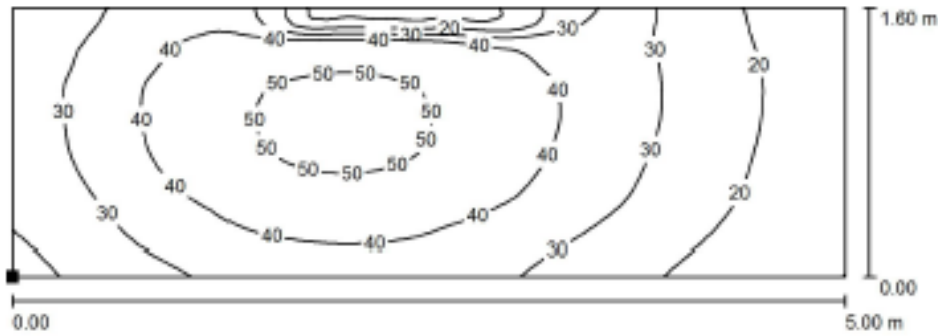
Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
134	92	159	0.686	0.578

AC
Diseño mantenimiento y construcción de SE
Calle Vieja 12-30 y Av. Elia Llut

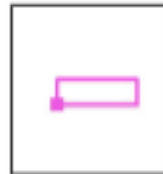
Proyecto elaborado por Christian Alvarado
Teléfono +503-005171422
Fax +503-72881084
e-Mail calvaradog@est.ups.edu.ec

Escena exterior 1 / Piso / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 36

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(1.000 m, 0.400 m, 0.200 m)



Trama: 64 x 32 Puntos

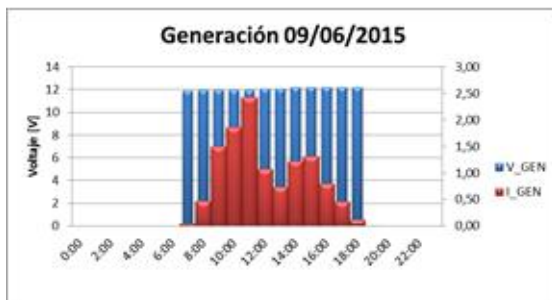
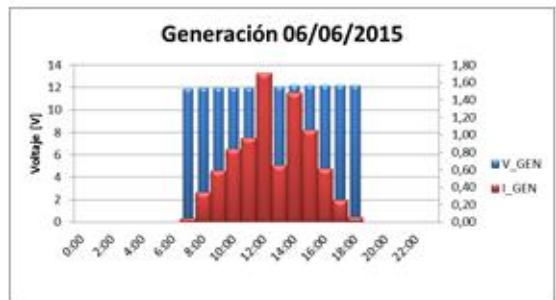
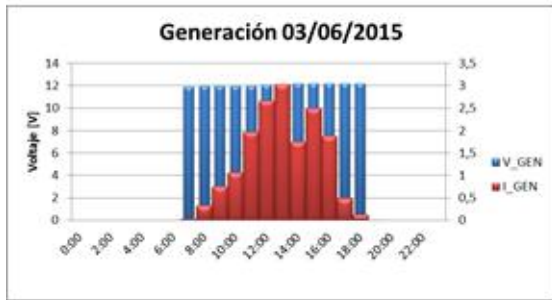
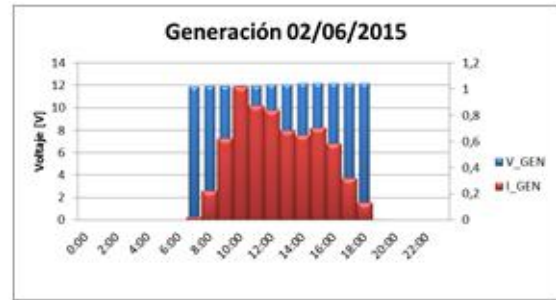
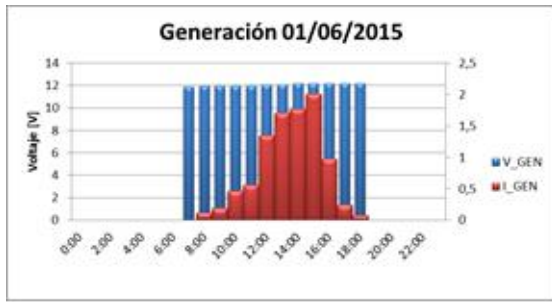
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
33	4.13	53	0.124	0.078

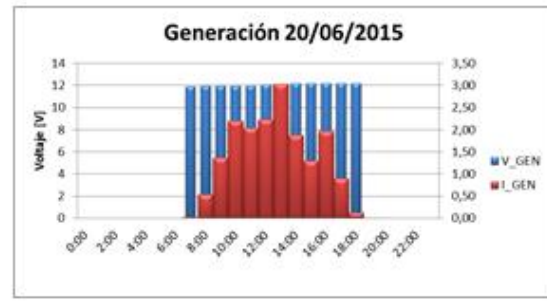
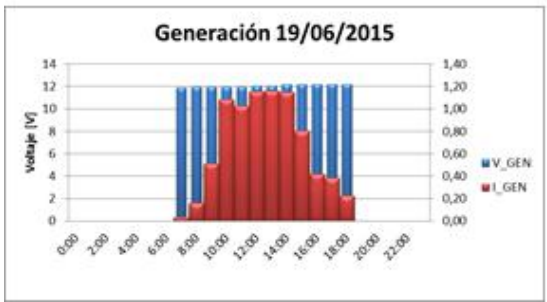
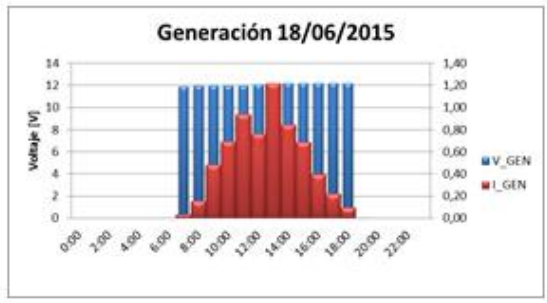
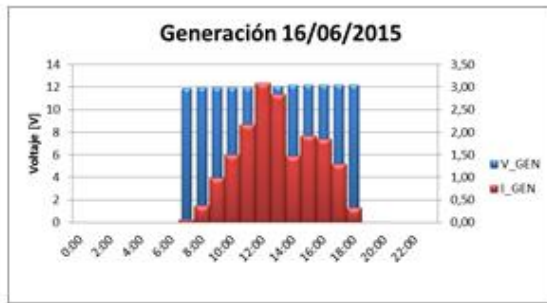
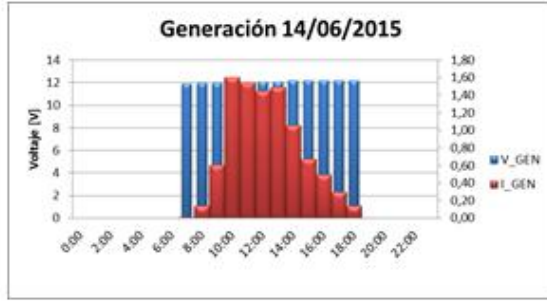
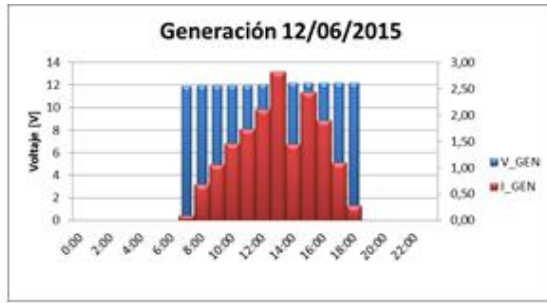
Anexo 3 Registros del Arduino de tensión y corriente.

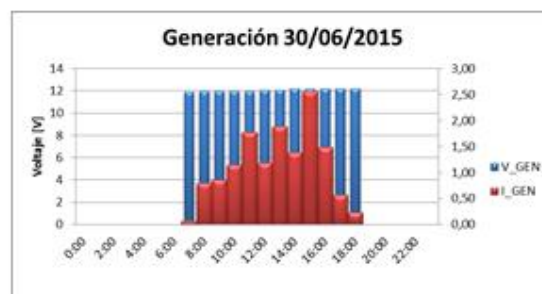
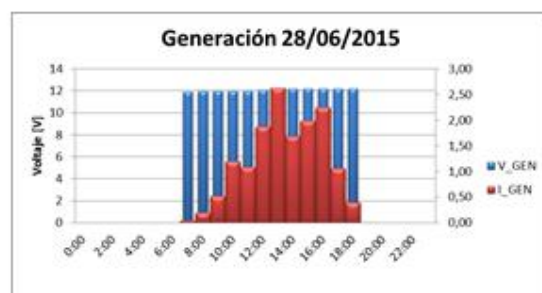
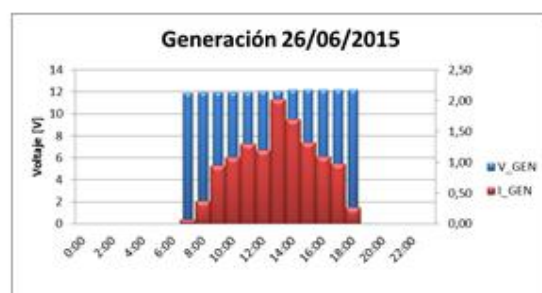
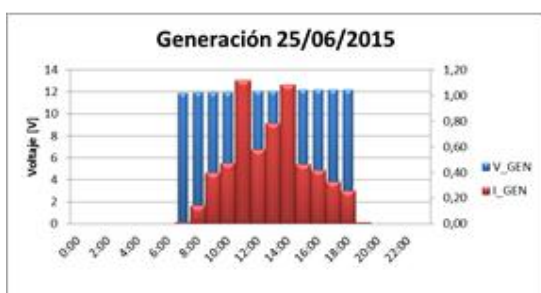
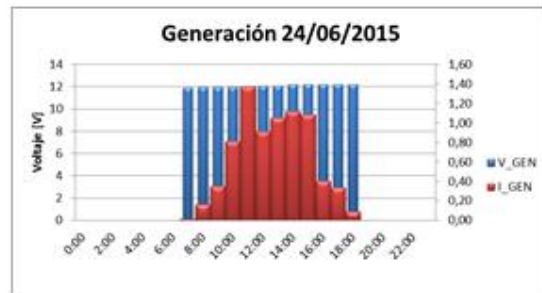
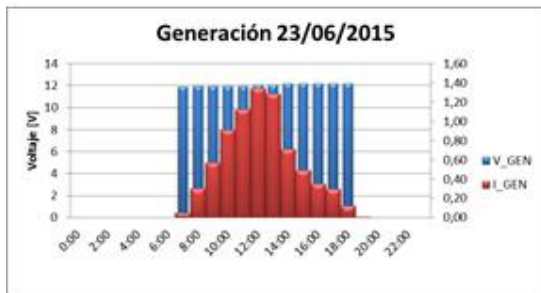
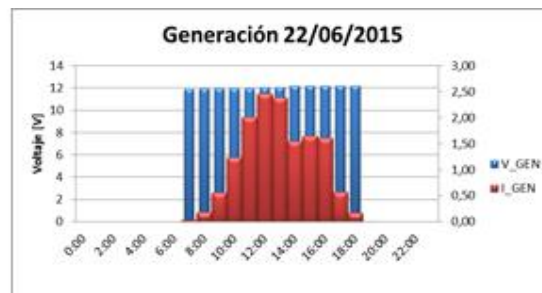
Posicion	Volt_ref	Volt_gen	Posicion	Volt_ref	Volt_gen	Posicion	Volt_ref	Volt_gen	Posicion	Volt_ref	Volt_gen
0	0,00	0,00	32	0,63	2,70	64	1,25	5,40	96	1,88	8,09
1	0,02	0,08	33	0,65	2,78	65	1,27	5,48	97	1,90	8,18
2	0,04	0,17	34	0,67	2,87	66	1,29	5,56	98	1,92	8,26
3	0,06	0,25	35	0,69	2,95	67	1,31	5,65	99	1,94	8,35
4	0,08	0,34	36	0,71	3,04	68	1,33	5,73	100	1,96	8,43
5	0,10	0,42	37	0,73	3,12	69	1,35	5,82	101	1,98	8,52
6	0,12	0,51	38	0,75	3,20	70	1,37	5,90	102	2,00	8,60
7	0,14	0,59	39	0,76	3,29	71	1,39	5,99	103	2,02	8,68
8	0,16	0,67	40	0,78	3,37	72	1,41	6,07	104	2,04	8,77
9	0,18	0,76	41	0,80	3,46	73	1,43	6,15	105	2,06	8,85
10	0,20	0,84	42	0,82	3,54	74	1,45	6,24	106	2,08	8,94
11	0,22	0,93	43	0,84	3,63	75	1,47	6,32	107	2,10	9,02
12	0,24	1,01	44	0,86	3,71	76	1,49	6,41	108	2,12	9,11
13	0,25	1,10	45	0,88	3,79	77	1,51	6,49	109	2,14	9,19
14	0,27	1,18	46	0,90	3,88	78	1,53	6,58	110	2,16	9,27
15	0,29	1,26	47	0,92	3,96	79	1,55	6,66	111	2,18	9,36
16	0,31	1,35	48	0,94	4,05	80	1,57	6,75	112	2,20	9,44
17	0,33	1,43	49	0,96	4,13	81	1,59	6,83	113	2,22	9,53
18	0,35	1,52	50	0,98	4,22	82	1,61	6,91	114	2,24	9,61
19	0,37	1,60	51	1,00	4,30	83	1,63	7,00	115	2,25	9,70
20	0,39	1,69	52	1,02	4,38	84	1,65	7,08	116	2,27	9,78
21	0,41	1,77	53	1,04	4,47	85	1,67	7,17	117	2,29	9,86
22	0,43	1,85	54	1,06	4,55	86	1,69	7,25	118	2,31	9,95
23	0,45	1,94	55	1,08	4,64	87	1,71	7,34	119	2,33	10,03
24	0,47	2,02	56	1,10	4,72	88	1,73	7,42	120	2,35	10,12
25	0,49	2,11	57	1,12	4,81	89	1,75	7,50	121	2,37	10,20
26	0,51	2,19	58	1,14	4,89	90	1,76	7,59	122	2,39	10,29
27	0,53	2,28	59	1,16	4,97	91	1,78	7,67	123	2,41	10,37
28	0,55	2,36	60	1,18	5,06	92	1,80	7,76	124	2,43	10,45
29	0,57	2,45	61	1,20	5,14	93	1,82	7,84	125	2,45	10,54
30	0,59	2,53	62	1,22	5,23	94	1,84	7,93	126	2,47	10,62
31	0,61	2,61	63	1,24	5,31	95	1,86	8,01	127	2,49	10,71

Posicion	Volt_ref	Volt_gen	Posicion	Volt_ref	Volt_gen	Posicion	Volt_ref	Volt_gen	Posicion	Volt_ref	Volt_gen
128	2,51	10,79	160	3,14	13,49	192	3,76	16,19	224	4,39	18,89
129	2,53	10,88	161	3,16	13,57	193	3,78	16,27	225	4,41	18,97
130	2,55	10,96	162	3,18	13,66	194	3,80	16,36	226	4,43	19,05
131	2,57	11,05	163	3,20	13,74	195	3,82	16,44	227	4,45	19,14
132	2,59	11,13	164	3,22	13,83	196	3,84	16,53	228	4,47	19,22
133	2,61	11,21	165	3,24	13,91	197	3,86	16,61	229	4,49	19,31
134	2,63	11,30	166	3,25	14,00	198	3,88	16,69	230	4,51	19,39
135	2,65	11,38	167	3,27	14,08	199	3,90	16,78	231	4,53	19,48
136	2,67	11,47	168	3,29	14,16	200	3,92	16,86	232	4,55	19,56
137	2,69	11,55	169	3,31	14,25	201	3,94	16,95	233	4,57	19,65
138	2,71	11,64	170	3,33	14,33	202	3,96	17,03	234	4,59	19,73
139	2,73	11,72	171	3,35	14,42	203	3,98	17,12	235	4,61	19,81
140	2,75	11,80	172	3,37	14,50	204	4,00	17,20	236	4,63	19,90
141	2,76	11,89	173	3,39	14,59	205	4,02	17,28	237	4,65	19,98
142	2,78	11,97	174	3,41	14,67	206	4,04	17,37	238	4,67	20,07
143	2,80	12,06	175	3,43	14,75	207	4,06	17,45	239	4,69	20,15
144	2,82	12,14	176	3,45	14,84	208	4,08	17,54	240	4,71	20,24
145	2,84	12,23	177	3,47	14,92	209	4,10	17,62	241	4,73	20,32
146	2,86	12,31	178	3,49	15,01	210	4,12	17,71	242	4,75	20,40
147	2,88	12,39	179	3,51	15,09	211	4,14	17,79	243	4,76	20,49
148	2,90	12,48	180	3,53	15,18	212	4,16	17,87	244	4,78	20,57
149	2,92	12,56	181	3,55	15,26	213	4,18	17,96	245	4,80	20,66
150	2,94	12,65	182	3,57	15,35	214	4,20	18,04	246	4,82	20,74
151	2,96	12,73	183	3,59	15,43	215	4,22	18,13	247	4,84	20,83
152	2,98	12,82	184	3,61	15,51	216	4,24	18,21	248	4,86	20,91
153	3,00	12,90	185	3,63	15,60	217	4,25	18,30	249	4,88	20,99
154	3,02	12,98	186	3,65	15,68	218	4,27	18,38	250	4,90	21,08
155	3,04	13,07	187	3,67	15,77	219	4,29	18,46	251	4,92	21,16
156	3,06	13,15	188	3,69	15,85	220	4,31	18,55	252	4,94	21,25
157	3,08	13,24	189	3,71	15,94	221	4,33	18,63	253	4,96	21,33
158	3,10	13,32	190	3,73	16,02	222	4,35	18,72	254	4,98	21,42
159	3,12	13,41	191	3,75	16,10	223	4,37	18,80	255	5,00	21,50

Anexo 4 Generación por meses del panel solar.







Anexo 5 Cálculos del panel solar.

Carga	Equipo	Cantidad	Potencia [W]	H. Uso [h]	P. total [W]	Energia [Wh/dia]
1	L. LEDs	8	1,2	6	9,6	57,6
2	Letrero	1	6	6	6	36
1	Autoconsumo	1	0,12	24	0,12	2,88
					P_max [Wh/dia]=	96,48

Datos generales:		
Voltaje de las cargas=	12	[V]
Margen de seguridad=	10%	Margen de seguridad
K_A=	0,50%	Perd. debidas a la autodescarga diaria de la bateria
K_B=	5%	Perd. debidas al rendimiento de la bateria
K_C=	0%	Perd. debidas al rendimineto del convertidor
K_R=	10%	Perd. debidas al rendiminto del regulador
K_x=	15%	Otras perd. (por el efecto joule, caidas de tension,etc)
D_aut=	1	Dias de autonomia de baja o nula insolacion
P_d=	60%	Profundidad de descarga
Datos de estacion meteorologiac UPS (HSP):		
HSP	4	Horas de sol efectivas
Datos de modulos solares existentes en el mercado:		
Marca	EXMORK	
Rendimiento del panel=	90%	
Corriente maxima [A]	2,86	Isc (ficha tecnica)
Voltaje maximo [V]	22	Voc (ficha tecnica)
Datos de baterias existentes en el mercado:		
Marca	ULTRACELL	
Capacidad nominal [Ah]=	40,0	Capacidad de la bateria (ficha tecnica)
Voltaje nominal [V]=	12	Voltaje de la bateria (ficha tecnica)

RESULTADOS:		
I_max=	8,04	[Ah/dia]
I_max=	8,844	[Ah/dia]
K_T=	0,69	Total de Perdidas
C_max=	12,74	[Ah/dia]
E_panel=	10,30	[Ah/dia]
M_paralelo=	2,00	modulo
M_serie=	1	modulo
C_bateria=	21,23	[Ah]
B_paralelo=	1	bateria
B_serie=	1	bateria

HOJA DE CALCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE PANELES FV					
SEGÚN EL MANUAL DE ENTRENAMIENTO EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE LA OLADE					
A) CARGA DEL SISTEMA					
CARGA DC					
EQUIPO	A1	A2	A3	A4	
	NUMERO	CARGA (W)	HORAS USO/DIA	CARGA (W-h/día)	
Luminarias	8	1,2	6	57,6	
Señalización	1	6	6	36	
Autoconsumo	1	0,12	24	2,88	
				0	
				0	
TOTAL		7,32	36	96,48	
A5 CARGA DC TOTAL DIARIA (Sumar A4)=				96,48 [W-h/día]	
CARGA AC					
EQUIPO	A6	A7	A8	A9	A10
	NUMERO	CARGA (W)+D34	HORAS USO/DIA	CARGA (W-h/día)	SURGE (W)
TOTAL		0	0	0	0
A11 Carga AC total diaria (Suma columna A9)=				0	[W-h/día]
A12 Factor inversor (DC-AC)=				0	Dado por el fabricante
A13 Carga diaria DC equivalente (A11*A12)=				0	[W-h/día DC]
A14 Carga máxima continua AC (Suma A7*A6)=				0	[W]
A15 Carga máxima SURGE AC (Suma A10 + SUMA A14)=				0	[W]
B) CORRIENTE PICO DEL GENERADOR					
B1 Carga DC diaria (A5)=				96,48	[W-h/día]
B2 Carga DC (de cargas AC) diaria (A13)=				0	[W-h/día]
B3 Carga DC total diaria (B1+B2)=				96,48	[W-h/día]
B4 Tensión DC del sistema=				12	[V] 12, 24
B5 Carga diaria corriente DC (B3/B4)=				8,04	[A-h]
B6 Factor seguridad (baterías, pérdidas del sistema...)=				1,1	Impuesto por diseñador
B7 Carga corriente DC diaria corregida (B5*B6)=				8,844	[A-h]
B8 HSP=				4	Hora sol pico.
B9 Corriente pico del SFV (B7/B8)=				2,21	[A]
C) DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FV					
C1 Corriente pico del SFV (B9)=				2,21	[A]
C2 Corriente pico del módulo seleccionado=				2,86	[A]
C3 Arreglos de módulos paralelo (C1/C2)=				0,773076923	
C4 Arreglos de módulos paralelo redondear (C1/C2)=				1	
C5 Tensión DC nominal del sistema (B4)=				12	[V]
C6 Tensión DC nominal del módulo=				12	[V]
C7 Tensión módulos serie (C5/C6)=				1	
C8 Número total de módulos (C4*C7)=				1	
D) DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS					
D1 Carga DC total diaria (B7)=				8,844	[A-h]
D2 Días de reserva=				1	3 a 5 días
D3 Capacidad nominal del banco de baterías (D1*D2)=				8,844	[A-h]
D4 Profundidad de descarga=				0,6	menor de 1
D5 Capacidad corregida del banco de baterías (D3/D4)=				14,74	[A-h]
D6 Capacidad nominal de la batería=				40	[A-h]
D7 Arreglos de baterías en paralelo (D5/D6)=				0,3685	
D8 Arreglos de baterías en paralelo redondear (D7)=				1	
D9 Tensión DC nominal batería (B4)=				12	[V]
D10 Tensión DC nominal del sistema (B4)=				12	[V]
D11 Número de baterías en serie (D9/D10)=				1	
D12 Número de baterías (D8*D11)=				1	
E) DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR					
E1 Carga máxima continua AC (A14)=				0	[W]
E2 Carga máxima surge AC (A15)=				0	[W]
E3 Capacidad máxima continua AC del inversor=					[W]
E4 Capacidad máxima SURGE AC del inversor=					[W]
RESUMEN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO					
EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	MODELO	OBSERVACIONES	
Módulos	1				
Regulador					
Baterías	1				
Inversor					

Anexo 6. Fichas técnicas.

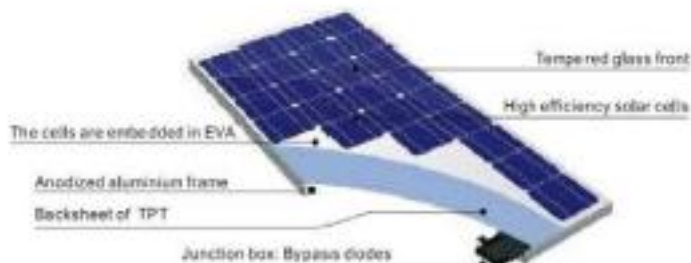
EXMORK

艾莫克新能源

PANELES SOLARES 50P



- ✓ Por mas de 10 años Exmork esta especializado en productos de energía renovable. Nos sentimos responsables de los productos que vendemos ofreciendo un excelente servicio post venta.
- ✓ Para nuestros paneles fotovoltaicos estamos utilizando células de alto rendimiento de Sun Tech: Excelente calidad a un precio muy económico: Energía Renovable no tiene que costar el mundo!
- ✓ Los células se encuentran encapsuladas en una base de acetato de vinilo etilénico con fluoruro de polivinilo con una cubierta de vidrio templado, para brindarles la máxima protección en las condiciones ambientales severas.
- ✓ En conjunto con el excelente terminado de los módulos esta avanzada tecnología permite que los módulos solares poli cristalinos llegaran a un rendimiento energético mayor a 14%.
- ✓ El panel se complementa con una caja de conexión con certificación TÜV para minimizar problemas eléctricos.



ESPECIFICACIONES TECNICAS:

Parámetros	Tipo	50P
		Silicio Poli cristalino
Potencia máxima (watt)	W	50
Tolerancia de potencia		+3% /-3%
Voltaje óptima (Vmp)	V	17.5V
Corriente óptima (Imp)	A	2.86A
Voltaje máxima (Voc)	V	22.0V
Corriente máxima (Isc)	A	3.07A
Dimensiones		670*620*35mm
Marco (tipo, material y grosor)		Aluminium anodizado. Alloy 35mm
Voltaje máxima externa permitida		600V
Coefficiente de temperatura de Isc		±0.05%
Coefficiente de temperatura de Voc		-0.33%
Coefficiente de temperatura de P		-0.23%
Coefficiente de temperatura de Imp		+0.08%
Coefficiente de temperatura de Vmp		-0.33%
Resistencia a cargas mecánicas		200kg/m2
Eficiencia de conversión		> 15.75%

Nota: las especificaciones eléctricas indicadas corresponden a condiciones normalizadas de pruebas: 1 KV/m2, masa de aire: 1.5 y celdas 25°C.

GARANTIAS:

Garantía Técnica por defectos de fabricación: 2 años
Garantía de Rendimiento por degradación de potencia: 10 años a 90%,
25 años a 85%



For over 10 years we have been specializing in wind and water power products. We service everything we sell. Scores of companies come and go, but we have consistently been in the market to take care of our customers.



Morningstar's advanced **SunLight** solar lighting controller combines the **SunSaver** design with a microcontroller for automatic lighting control functions.

This technology provides:

- Proven Reliability
- Precise Lighting Control
- PWM Battery Charging

Operation:

- Rotary digital switch to select among 10 lighting options (see back)
- Test button flashes red LED to confirm correct rotary switch selection
- Test button turns lights on for 5 minutes (in LVD limited to 3 times)
- LVD overrides lighting timer
- Sunrise overrides lighting timer
- Timer accuracy is within 2 seconds

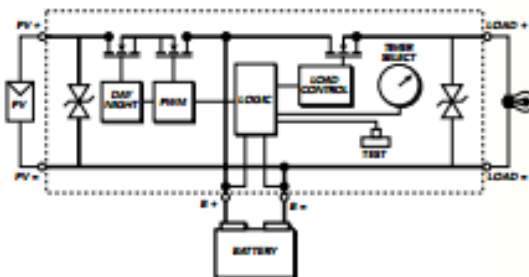
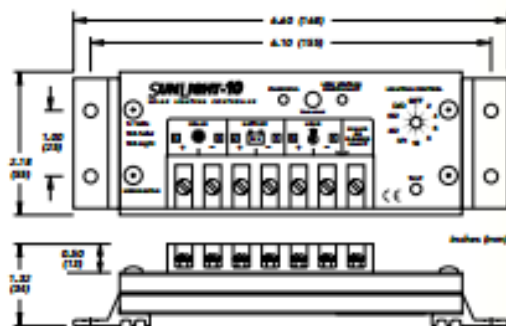
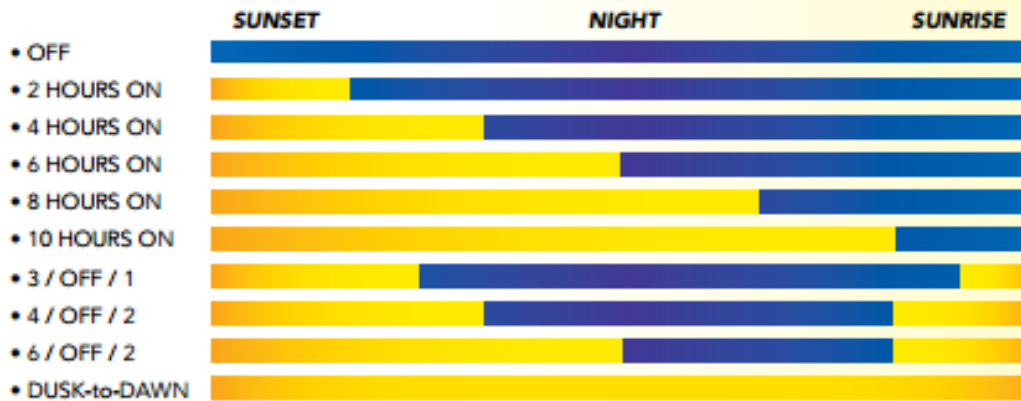
Four Versions Available:

- 12 Volt: 10 and 20 amp ratings
- 24 Volt: 10 and 20 amp ratings

Features:

- Microcontroller digital accuracy
- Fully automatic operation
- Ten field adjustable lighting control options
- Special on/off/on functions
- Manual test capability
- LVD override protection
- Detects day and night using the PV array
- Suitable for all 12/24 Vdc lamps
- Sealed/Flooded battery select
- Temperature compensation
- Parallel with a SunSaver for 40 amps solar
- Includes SunSaver battery charging circuit

Lighting Control Options



Mechanical Specifications

- Wire size #10 AWG (5.2 mm²)
- Anodized aluminum case
- Marine rated terminals
- Epoxy encapsulated
- Weight is 9 oz (0.26 kg)

Electrical Specifications

	12 Volt	24 Volt
Rated Solar Input	10/20 A	10/20 A
Rated Load	10/20 A	10/20 A
25% Current Overload	5 min.	5 min.
Regulation Voltage:		
Sealed Battery	14.1 V	28.2 V
Flooded Battery	14.4 V	28.8 V
Load Disconnect	11.7 V	23.4 V
LVD Reconnect	12.8 V	25.6 V
Temp. Comp. (mV/°C)	-27	-54
Self-consumption	8 mA	9 mA
Operating Temp.	-40 to +85°C	

WARRANTY: Five year warranty period. Contact Morningstar or your authorized distributor for complete terms.

AUTHORIZED MORNINGSTAR DISTRIBUTOR:



8 Pheasant Run
Newtown, PA 18940 USA
Tel: +1 215-321-4457 Fax: +1 215-321-4458
E-mail: info@morningstarcorp.com
Website: www.morningstarcorp.com

© 2007-2012 MORNINGSTAR CORPORATION PRINTED IN USA J026R6-V12



UCG55-12

12V 55AH
Deep Cycle Gel

Ultracell®

Quality in Every Language

UCG55-12



Physical Specification

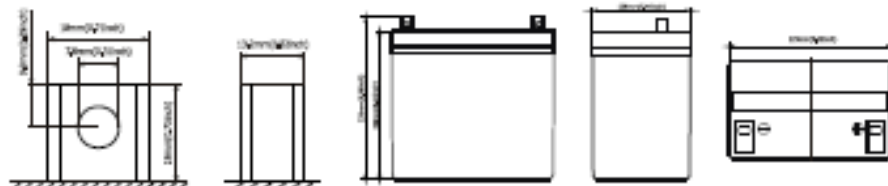
Part Number	UCG55-12
Length	229 ± 2 mm
Width	138 ± 2 mm
Container Height	209 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	226 ± 2 mm
Approx Weight	17 kg

Specifications

	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (20HR)	61.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F9
	Optional Terminal	F8
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94 V0)
Rated Capacity	20hr, 1.80V/cell, 25°C	61.0 AH/2.8A
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	52.25 AH/5.225A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	48.75 AH/9.35A
	1hr, 1.80V/cell, 25°C	33.0 AH/33.0A
Max Discharge Current	16.5A	
Internal Resistance	0.006mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15 ~ 50°C
		Charge: 0 ~ 40°C
		Storage: -15 ~ 40°C
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C
	Cycle Use	14.4V ~ 15.0V Temp. Coefficient -24mV/C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.6V ~ 13.8V Temp. Coefficient -18mV/C
Capacity affected by Temperature	40°C	103%
	25°C	100%
	0°C	86%
Design Floating Life at 20°C	15 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Dimensions

F9 Terminal



1 Ultracell (UK) Ltd | Vestey Business Park, Vestey Road, Liverpool, L30 1NY, United Kingdom
Tel: +44 (0) 151 523 2777 | Fax: +44 (0) 151 523 0855 | Email: info@ultracell.co.uk
www.ultracell.co.uk

Revised 22 Sep 2014
ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



UCG55-12

12V 55AH
Deep Cycle Gel

Ultracell®
Quality in Every Language

Constant Current Discharge (Amperes) at 20°C

F.V/Time	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	3h	5h	10h	20h
1.60V/cell	193	132	96.3	57.8	36.3	15.0	10.5	5.83	2.90
1.67V/cell	173	120	93.5	56.1	36.2	15.0	10.4	5.74	2.89
1.70V/cell	164	116	90.2	55.0	36.1	15.0	10.4	5.70	2.89
1.75V/cell	146	107	85.3	53.9	35.8	14.9	10.3	5.60	2.86
1.80V/cell	132	100	81.4	52.3	35.3	14.8	10.2	5.50	2.77
1.85V/cell	100	82	70.4	48.1	34.9	14.7	10.2	5.41	2.73

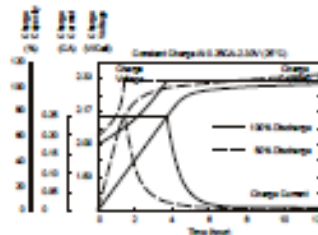
Constant Power Discharge (Watts) at 20°C

F.V/Time	5 min	10 min	15 min	30 min	1h	3h	5h	10h	20h
1.60V/cell	317	219	171	109	71.5	29.8	20.1	11.7	5.80
1.67V/cell	301	216	169	107	69.1	29.8	20.1	11.5	5.78
1.70V/cell	281	211	166	104	67.3	29.6	20.1	11.4	5.78
1.75V/cell	262	197	156	101	66.7	29.4	19.9	11.2	5.75
1.80V/cell	235	183	147	98.5	65.6	29.0	19.5	11.0	5.55
1.85V/cell	188	152	128	90.2	65.0	27.9	19.3	10.8	5.45

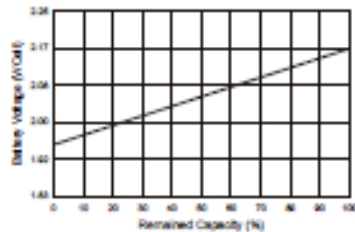
Discharge Characteristics



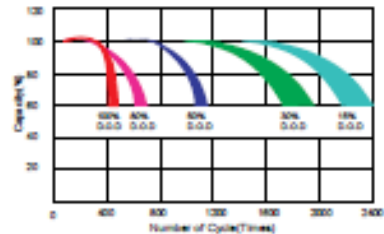
Float Charging Characteristics



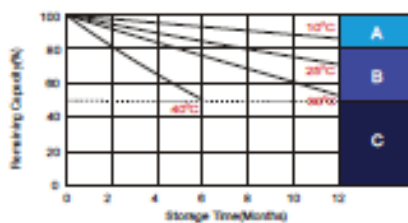
Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



Life Characteristics of Cycle Use



Self Discharge Characteristics



- A** No supplementary charge required (Carry out supplementary charge before use if 100% capacity is required.)
- B** Supplementary charge required before use. Optional charging way as below:
1. Charged for above 3 days at limited current 0.25CA and constant voltage 2.25V/cell.
2. Charged for above 20hours at limited current 0.25CA and constant voltage 2.45V/cell.
3. Charged for 8-10hours at limited current 0.05CA.
- C** Supplementary charge may often fail to recover the capacity. The battery should never be left standing till this is reached.

2 Ultracell (UK) Ltd | Vestey Business Park, Vestey Road, Liverpool, L30 1NY, United Kingdom
Tel: +44 (0) 151 523 2777 | Fax: +44 (0) 151 523 0855 | Email: info@ultracell.co.uk
www.ultracell.co.uk

Revised: 22 Sep 2014
ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE



Vaya_Cove



SM440L I 10xLED-HB/5000K 24V CE, UL

Lineare Weißlicht-LED-Leuchte (kaltweiß 5000K)
mit transparenter Abdeckung;
Systemleistung: 3,75W;
Farbe: Weiß
mit externem, nicht dimmbarem Treiber;

Ausstrahlungswinkel: 120°
Farbtemperatur: 5000K
Lichtstrom: 215lm
Wirkungsgrad (LOR): 100%
Farbwiedergabeindex: RA>80

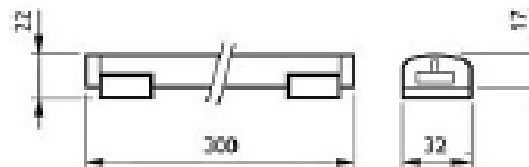
Einfache Befestigung mit zwei Befestigungsclips aus Kunststoff
(Schrauben nicht enthalten);
Lieferung inkl. Externem, nicht dimmbarem LED Treiber;
Lebensdauer: 50.000 Stunden (bei 70% Lichtstromstabilität bei
Ta=25°C);

Schutzklasse I, Schutzart IP 20, F-Zeichen, CE-Zeichen

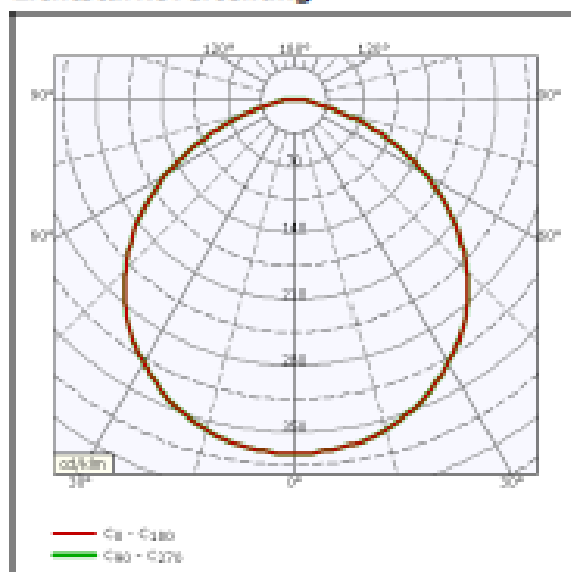


Technische Daten

Bestückung:	40 x FORTY WHITE LIGHT
Lichtstrom:	EMITTING DIO
Unterer Halbraum:	215 lm
Betriebswirkungsgrad:	100.0%
Anschlussleistung:	101.0%
Vorschaltgerät:	3.8 W
Maße (L - B - H):	
Gewicht:	300 - 32 - 22 mm 0,1 kg



Lichtstärkeverteilung



Philips GmbH
Unternehmensbereich Lighting - Professional Lighting Solutions
Tel.: +49(0)1803-888 333 infocenter@philips.com

Stand: 2014-12-15 (V 2.4) Das Foto steht stellvertretend für die Produktfamilie und entspricht nicht immer in allen Details der Produktbeschreibung.

PHILIPS